

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

**GEOLOGIA E PETROLOGIA DE XENÓLITOS MANTÉLICOS DA
PROVÍNCIA ÍGNEA DO ALTO PARANAÍBA, MINAS GERAIS**

Felix Nannini

Orientador: Prof. Dr. Valdecir de Assis Janasi

**TESE DE DOUTORAMENTO
(VERSÃO CORRIGIDA)**

Programa de Pós-Graduação em Mineralogia e Petrologia

SÃO PAULO

2016

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Ficha catalográfica preparada pelo Serviço de Biblioteca e Documentação do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo

Nannini, Felix

Geologia e Petrologia de Xenólitos Mantélicos da
Província Ígnea do Alto Paranaíba, Minas Gerais /
Felix Nannini. - São Paulo, 2016.

285 p. : il + anexos

Tese (Doutorado) : IGc/USP

Orient.: Janasi, Valdecir de Assis

1. Manto da Terra 2. Petrologia 3. Kimberlito
I. Título

SUMÁRIO

Capítulo I- Apresentação da Tese	1
1. Introdução	1
1.1. Conceituação sobre Xenólitos Mantélicos	3
1.2. Distribuição de elementos incompatíveis em xenólitos do manto	7
2. Objetivos	8
Capítulo II- Materiais e Métodos	10
1. Microscopia óptica	11
2. Microscopia eletrônica de varredura	11
3. Microsonda eletrônica	12
4. LA-Q-ICPMS: elementos traço in situ em minerais	13
5. LA-MC-ICPMS: isotopia de Sr in situ em clinopiroxênio	14
7. Nomenclatura petrográfica adotada neste trabalho	16
Capítulo III- Contexto Geológico	20
1. O Alinhamento 125°	21
2. Assinatura isotópica do manto na APIP e implicações regionais	22
3. Corpos estudados	25
Capítulo IV- Petrografia e classificação das amostras	30
1. Petrografia, mineralogia e classificação das rochas magmáticas estudadas	33
1.1. Nódulos esverdeados com carbonato, agregados e megacristais de carbonato em kimberlitos	38
1.2. Piroxenitos	39
1.3. Dunitos cumuláticos	39
1.4. Macrocristais e Megacristais	40
1.5. Granitóides e outras rochas crustais	40
2. Os xenólitos mantélicos	40
2.1. Lherzolitos e harzburgitos com espinélio vermelho	41
2.2. Harzburgitos e dunitos com espinélio castanho-escuro	44
2.3. Dunitos com textura protogranular	44
2.4. Dunitos e harzburgito com textura porfiroclástica com mosaico	44
2.5. Harzburgito com bolsões de flogopita	45
2.6. Harzburgito com bolsões de diopsídio	46
2.7. Flogopita ilmenita wehlito	46
2.8. Flogopita ortopiroxenito e flogopitito	46
Capítulo V- Química Mineral de Elementos Maiores	47
1. Minerais do grupo do espinélio	47

2. Olivina.....	51
3. Ortopiroxênio	54
4. Clinopiroxênio.....	57
5. Flogopita.....	62
6. Ilmenita.....	62
7. Anfibólio	63
8. Titanatos.....	63
9. Termometria de xenólitos mantélicos	63
Capítulo VI- Química Mineral de Elementos Traço	68
1. Metais de Transição e elementos de alta carga iônica (HFSE)	73
2. Elementos de alto raio atômico (LILE) e outros elementos	75
3. Residência de Elementos Terras Raras (ETR)	76
Capítulo VII- Isótopos de Sr	84
Capítulo VIII- Discussão integrada dos dados	89
Capítulo IX- Conclusões	98
Capítulo X- Referências Bibliográficas	101

ANEXO A - TABELA COM A RELAÇÃO DAS AMOSTRAS ESTUDADAS E A CLASSIFICAÇÃO PETROGRÁFICA

ANEXO B - IMAGENS DAS AMOSTRAS E SEÇÕES POLIDAS ESTUDADAS

ANEXO C - TABELAS DE ANÁLISES DE ELEMENTOS MAIORES POR MICROSSONDA ELETRÔNICA

ANEXO D - TABELAS DE ANÁLISES DE ELEMENTOS TRAÇO POR LA-Q-ICP-MS

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Mapa geológico com destaque para a compartimentação das unidades geotectônicas e a localização de kimberlitos, kamafugitos, lamproítos e complexos carbonatíticos.	28
Figura 2- Contexto geológico dos kimberlitos Indaiá 1, Limeira 1 e Forca 1.....	29
Figura 3- Fotos representativas das amostras analisadas e imagens de MEV mostrando a textura e mineralogia das rochas vulcânicas estudadas.	32
Figura 4- Composição de minerais das intrusões Indaiá 1, Limeira 1, Forca 1, Facão e Indaiá 2. .	34
Figura 5 - Classificação mineralógica dos xenólitos de peridotito dos kimberlitos Indaiá 1, Limeira 1 e Forca baseada no diagrama de Streckeisen (1976).	43
Figura 6– Imagens de microscópio óptico dos principais tipos de xenólitos mantélicos das intrusões Limeira I e Indaiá 1.....	43
Figura 7- Diagramas de variação química ilustrando a composição de minerais de xenólitos do manto da APIP..	49
Figura 8- Composição química de clinopiroxênio de xenólitos e megacristal das intrusões Indaiá 1, Limeira 1 e Forca 1.	60
Figura 9- Diagramas de variação química ilustrando a composição de minerais de xenólitos do manto da APIP..	65
Figura 10- Diagramas multielementares de clinopiroxênio e anfibólio normalizados pelo manto primitivo de Sun & McDonough (1995).....	80
Figura 11- Razões Y_N vs. Yb_N de cristais de clinopiroxênio projetadas em curvas geradas por modelamentos de fusão por Norman (1998)..	83
Figura 12- Projeção das razões de $^{87}Rb/^{86}Sr$ e $^{87}Sr/^{86}Sr$ obtidas por LA-MC-ICP-MS em cristais de clinopiroxênio.....	86
Figura 13- Perfil hipotético sob a região do Alto Paranaíba, com base em perfil esquemático de Carvalho (1997)	93
Figura 14- Composição isotópica Sr^{87}/Sr^{86} vs. Nd^{143}/Nd^{144} de rochas máficas e ultramáficas, com destaque para os kamafugitos e lamproítos; e reservatórios mantélicos (Zindler & Hart, 1986), com curvas de mistura de componentes mantélicos para a geração de kamafugitos segundo Guo <i>et al.</i> (2014).....	97

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Padrões químicos utilizados nas análises por microsonda eletrônica nos laboratórios do IGC-USP e na Universidade de St. Andrews.	12
Tabela 2- Limites de detecção médios (em ppm) e desvio padrão obtidos em análises em materiais de referência para elementos traço em LA-Q-ICP-MS.	14
Tabela 3- Razões isotópicas obtidas em coral moderno, médias e desvios padrão.....	15
Tabela 4- Composição em peso dos óxidos (%) das rochas vulcânicas abordadas neste trabalho comparadas com composições de porcentagens em peso de óxidos representativas em kimberlitos, orangeitos, lamproitos e kamafigitos de trabalhos da bibliografia.	31
Tabela 5- Composições químicas representativas em espinélio, Cr-espinélio, cromita e magnetita dos xenólitos mantélicos.....	50
Tabela 6- Composições químicas representativas em olivina dos xenólitos mantélicos	53
Tabela 7- Composições químicas representativas em ortopiroxênio dos xenólitos mantélicos.....	56
Tabela 8- Composições químicas representativas em clinopiroxênio dos xenólitos mantélicos	59
Tabela 9- Coeficiente de partição de olivina/ortopiroxênio e ortopiroxênio/clinopiroxênio nos xenólitos mantélicos.....	61
Tabela 10- Resultados dos geotermômetros calculados pelo programa PTEXL para amostras de xenólitos representativos baseados na troca entre Fe-Mg entre clinopiroxênio e ortopiroxênio, e entre olivina e espinélio; e no conteúdo de Ca e Al em ortopiroxênio.....	66
Tabela 11- Médias (em ppm) e desvios padrão relativos (em %) das composições de elementos traços de olivina em amostras representativas.	68
Tabela 12- Médias (em ppm) e desvios padrão relativos (em %) das composições de elementos traços de ortopiroxênio de amostras representativas.	69
Tabela 13- Médias (em ppm) e desvios padrão relativos (em %) das composições de elementos traços de clinopiroxênio de amostras representativas	70
Tabela 14- Médias (em ppm) e desvios padrão relativos (em %) das composições de elementos traços em espinélio, Cr-espinélio, cromita, ilmenita e titanatos de amostras representativas.....	71
Tabela 15- Médias (em ppm) e desvios padrão relativos (em %) das composições de elementos traços de pargasita e flogopita de amostras representativas.	72
Tabela 16- Coeficientes de partição Ol/Opx e Opx/Cpx com base na média dos elementos traço em amostras representativas.....	73
Tabela 17- Razões isotópicas de Sr nas amostras de peridotito com espinélio (In1-14), flogopita ilmenita wehrlito (In1-6) e harzburgito com clinopiroxênio secundário (In1-12).	85

Agradecimentos

Agradeço ao meu orientador Valdecir de Assis Janasi, por sua dedicação e paciência. Sua paixão à Geologia é inspiradora.

Agradeço a minha mãe, meu pai, minhas irmãs Karina e Grá, vó e todas as pessoas da minha família por simplesmente existirem na minha vida.

À FAPESP, pelo apoio com o projeto Temático e à CNPq pelo apoio com o doutorado e com o Sandwich, e à CPRM que me apoiou na reta final deste doutorado.

For the people who kindly received me and my wife in Scotland: teachers, especially Colin Donaldson and Chris Hawkesworth, colleagues, lab workers, Connor, Nick and Pauline, and of course Boggiani and family.

A todas as pessoas da sala B9 desde 2009 até o presente, aos professores e funcionários do IGc: dos laboratórios, da diretoria, da biblioteca, xerox, gráfica e fotografia e outrso que não me lembrei.

Ao Prof. Darcy Svisero, pelo apoio irrestrito.

Aos amigos da CPRM, do Projeto Diamante Brasil, da GEREMI, e das festas e blocos carnavalescos de Recife.

Por fim, dedico esta tese a minha companheira de aventuras: “you’ll never know dear how much I love you”.

RESUMO

Processos de fusão parcial e metassomatismo foram identificados em xenólitos mantélicos da Província Ígnea Alto Paranaíba (APIP), na região de Coromandel (Minas Gerais), pela combinação de técnicas de análise textural (petrografia, microscopia eletrônica de varredura), análises químicas minerais pontuais de elementos maiores (por Microsonda Eletrônica), traços (por LA-Q-ICPMS) e isótopos (Sr em clinopiroxênio por LA-MC-ICPMS). Os xenólitos, oriundos dos kimberlitos Indaiá 1, Limeira 1 e Forca, foram divididos em três grupos exibindo texturas, mineralogia e química distintas: peridotitos com espinélio ou Cr-espinélio, interpretados como fragmentos de fácies espinélio no manto litosférico raso; xenólitos com flogopita e/ou clinopiroxênio secundário representando porções do manto litosférico que sofreram metassomatismo por interação com fluidos ou magmas; e dunitos e harzburgitos com textura mosaico porfiroclástica a fluidal compatíveis com porções que sofreram efeitos de um fluxo térmico maior, possivelmente associadas a astenosfera ou a zonas de maior permeabilidade na litosfera.

De modo geral os xenólitos mantélicos da Província Ígnea do Alto Paranaíba foram afetados por intensa fusão parcial, indicada especialmente pelo alto valor de mg# em olivina e ortopiroxênio, e pelo empobrecimento de Al em clinopiroxênio e minerais do grupo do espinélio. Boa parte desses xenólitos foi modificada por metassomatismo modal e/ou críptico, que atingiu inclusive níveis rasos do manto litosférico (fácies espinélio).

Os harzburgitos e dunitos com textura porfiroclástica com mosaico têm baixos valores de mg# em olivina e ortopiroxênio, e altas concentrações de Ti, Ca e Na em relação aos demais grupos de amostras sugerindo um processo de metassomatismo críptico de alta temperatura (astenosfera, ou zonas permeáveis da litosfera).

Estimativas com base em razões Y_N e Yb_N (normalizadas por Manto Primitivo-PM) em clinopiroxênio, indicam que os peridotitos com Cr-espinélio sofreram uma porcentagem maior de fusão parcial (15-20%), em relação aos peridotitos com espinélio (5-8%), e preferencialmente fracionada. Em algumas amostras nos peridotitos com Cr-espinélio ainda são encontrados padrões enriquecidos de $ETRL_N$, indicando processos de metassomatismo críptico.

Os cristais de clinopiroxênio das amostras de xenólitos metassomatizados têm padrão de distribuição de ETR_N semelhantes entre si, com padrão de $ETRL_N$ convexo e enriquecido em relação aos $ETRP_N$ (La_N e Lu_N , respectivamente 5-14xPM e 0,3-1xPM). Uma amostra de harzburgito com bolsões de clinopiroxênio (In1-12), tem o clinopiroxênio com as maiores razões de ETR_N do conjunto, mantendo o padrão de $ETRL_N$ convexo e enriquecido em relação aos $ETRP_N$ (La_N e Lu_N , respectivamente 25-43xPM e 1-2,5xPM) dos peridotitos metassomatizados. Razões Sr^{87}/Sr^{86} de clinopiroxênio desta última amostra (0,706-0,714) e de flogopita ilmenita wehrilito (0,706-7,10) sugerem que o metassomatismo seria derivado de porção da astenosfera ou litosfera com material proveniente de subducção de crosta. Um valor mais baixo de razão Sr^{87}/Sr^{86} para clinopiroxênio de peridotito com espinélio (0,703), indica, juntamente com aspectos texturais e de química de maiores e traços, pouca ou nenhuma, influencia do metassomatismo nesta amostra.

Palavras-chave: xenólito do manto; metassomatismo do manto; kimberlito; Província Ígnea Alto Paranaíba.

ABSTRACT

Partial melting processes and metasomatism were identified in mantle xenoliths of the Alto Paranaíba Igneous Province (APIP), next Coromandel (Minas Gerais), by combining textural analysis techniques (petrography, scanning electron microscopy) and specific mineral chemical analyzes of major elements (for Electronic Microprobe), trace elements (LA-Q-ICPMS) and isotopes (Sr in clinopyroxene by LA-MC-ICPMS). The xenoliths which are from Indaiá 1, Limeira 1 and Forca kimberlite were divided into three groups displaying different textures, mineralogy and chemistry: peridotites with spinel or Cr-spinel, were interpreted as fragments in the shallow lithospheric mantle; xenoliths with phlogopite and/or secondary clinopyroxene representing the lithospheric mantle portions that suffered metasomatism by interaction with fluids or magmas; and dunites and harzburgites with porphyroclastic texture with mosaic are compatible with portions that have suffered the effects of a higher heat flow, possibly associated with asthenosphere or zones of greater permeability in the lithosphere.

Mantle xenoliths from APIP were affected by intense partial melting, suitable for high-value mg# of olivine and orthopyroxene, and the depletion of Al in clinopyroxene and spinel minerals from the group. Many of these xenoliths were modified by modal and/or cryptic metasomatism, which reached even shallow levels of the lithospheric mantle (facies spinel).

Harzburgites and dunites with porphyroclastic texture with mosaic have low values of mg# and high concentrations of Ti, Ca and Na in olivine and orthopyroxene compared to other groups of samples suggesting a cryptic metasomatism process of high temperature.

Y_N and Yb_N (normalized by Primitive Mantle-PM) ratios in clinopyroxene indicate that the peridotites with Cr-spinel suffered a higher percentage of partial melting (15-20%) compared to the peridotites with spinel (5-8%), and preferably fractional. Some samples in peridotites with Cr-spinel are still found LREE_N enriched ratios patterns, indicating cryptic metasomatism processes.

The clinopyroxene crystals of metasomatized xenoliths samples have similar REE_N ratios pattern, with convex LREE_N pattern with higher ratios compared to HREE_N (La_N : 5-14xPM and Lu_N 0,3-1xPM). A harzburgite with interstitial pockted clinopyroxene (In1-12), has the clinopyroxene with the highest REE_N of the set, the convex and enriched LREE_N pattern as well (La_N : 25-43xPM and Lu_N 1-2.5xPM) of metasomatized peridotites. Clinopyroxene $^{87}Sr/^{86}Sr$ ratios of the latter sample (0,706 to 0,714) and from phlogopite wehrlite ilmenite sample (0,706 to 0,710) suggest that metasomatism fluids from asthenosphere or lithosphere were derivative from crust subduction processes. A lower value ratio $^{87}Sr/^{86}Sr$ for clinopyroxene in peridotite with spinel (0,703), is in agreement with textural aspects, major and trace elements information, that this group of xenolith little or no influence of metasomatism.

Keywords: mantle xenolith; mantle metasomatism; kimberlite; Alto Paranaíba Igneous Province.

Capítulo I- Apresentação da Tese

1. Introdução

Estimativas da composição dos magmas extraídos do manto terrestre são criticamente dependentes do conhecimento da distribuição dos elementos químicos nos minerais encontrados em xenólitos mantélicos. A residência dos elementos incompatíveis é particularmente complexa, dado que sua distribuição é muito afetada por processos de empobrecimento (geralmente por extração de líquidos) e enriquecimento (por diversos tipos de “metassomatismo mantélico”), que podem ser recorrentes no manto litosférico subcontinental (e.g., Zindler & Jagoutz 1988). Em estudos de xenólitos do manto, este quadro é complicado por possíveis processos de interação com o magma hospedeiro, que frequentemente é rico em elementos incompatíveis (e.g., kimberlitos, lamprófiros, lamproítos etc; e.g., Ionov *et al.* 2006)

O manto litosférico subcontinental no sudeste brasileiro constitui fonte importante para o magmatismo basáltico e alcalino de idade cretácea-terciária (e.g., Picirillo *et al.* 1989, Gibson *et al.* 1995). São abundantes as evidências geoquímicas e isotópicas de que os principais reservatórios mantélicos amostrados por esses processos magmáticos tinham caráter enriquecido (Gibson *et al.* 1995, Peate *et al.* 1999), e que já eram assim quando da geração de magmas graníticos no neoproterozóico (e.g., Janasi *et al.* 1993, Wernick & Menezes 2001).

Neste contexto, ganha especial importância a identificação da residência dos elementos incompatíveis (LIL e HFS) nas amostras de xenólitos do manto disponíveis. O presente projeto propõe obter dados texturais e químicos em amostras de xenólitos mantélicos encontrados em kimberlitos e rochas associadas da Província Ígnea do Alto Paranaíba (Indaiá 1, Limeira 1, Forca 1 e Facão) para identificar a assinatura geoquímica e isotópica associada a processos metassomáticos e distingui-la de efeitos secundários associados à interação com os magmas hospedeiros. Para tanto, foi utilizada a coleção de xenólitos disponibilizada pelo Prof. Darcy Pedro Svisero, reconhecido especialista no tema, que em parte já foi estudada por Almeida (2009) e pelo candidato em Nannini (2011).

Um conjunto de amostras representativas da diversidade encontrada foi objeto de estudos texturais-mineralógicos detalhados combinando petrografia ao microscópio óptico e microscopia eletrônica de varredura. As assinaturas geoquímicas dos xenólitos

foram obtidas em minerais (principalmente clinopiroxênio ou, quando possível, em outras fases ricas em elementos incompatíveis) utilizando microsonda eletrônica, e espectrômetros, quadropolo (Q) e multicoletor (MC), com amostradores *laser ablation* acoplado: LA-Q-ICPMS (elementos maiores e traços) e LA-MC-ICPMS (isótopos de Sr).

Os xenólitos do manto são os únicos materiais que amostram diretamente os reservatórios mais importantes dos quais são derivados os magmas que constituem a crosta terrestre. Embora informações sobre xenólitos da APIP tenham sido apresentadas em alguns trabalhos na literatura recente (e.g., Araujo *et al.* 2001, Carlson *et al.* 2007, Costa 2012), existe ainda uma carência crítica de estudos que focalizem a petrogênese das poucas amostras de xenólitos do manto do sudeste brasileiro. Em particular, dado o predomínio de magmas derivados do “manto enriquecido”, são importantes a caracterização dos processos de enriquecimento do manto e sua clara distinção de processos de enriquecimento secundário, associados à interação com o magma hospedeiro dos xenólitos.

O presente projeto propõe contribuir para o conhecimento do manto superior do sudeste brasileiro através do estudo petrográfico, geoquímico e isotópico de detalhe de xenólitos do manto encontrados em intrusões subvulcânicas da região de Coromandel, MG: Indaiá 1 (previamente estudada pelo candidato), Limeira 1 (estudada por Almeida 2009), Forca e Facão.

Análises *in situ* em minerais de xenólitos mantélicos através de amostrador laser-ablation acoplado ao espectrômetro ICPMS quadropolo instalado no Laboratório de ICP do Instituto de Geociências permitiram a determinação dos teores de elementos traço e de sua distribuição espacial nas fases minerais maiores. A resolução espacial do amostrador laser-ablation (normalmente até 20 μm) pode em alguns casos ser insuficiente para a quantificação isolada das fases minerais, mas estimativas bastante úteis podem ser obtidas com técnicas de amostragem alternativas (e.g., “raster” ao longo de linhas; extração do efeito químico do efeito da fase hospedeira em inclusões; cf. Heirich *et al.* 2003). Em particular, a combinação dos dados químicos com estudos petrográficos e de microscopia eletrônica de varredura, juntamente com os estudos de elementos traços permitiu caracterizar melhor processos de fusão parcial e de metassomatismo, que ocorreram no manto litosférico da região do Alto Paranaíba.

A determinação da composição isotópica de Sr em clinopiroxênio de algumas amostras através de técnica de análise pontual LA-MC-ICPMS permitiu,

adicionalmente, obter dados importantes para a caracterização do manto no sudeste brasileiro. A resolução espacial possível nesse tipo de análise permite identificar as assinaturas isotópicas originais (distinguindo-as de processos de interação com o magma hospedeiro) e associá-las a diferentes gerações de minerais, eventualmente associadas a diferentes assinaturas geoquímicas (Class and le Roex 2011, Schmidberger *et al.* 2003). Não existem, até o momento, na literatura dados deste tipo para os xenólitos das rochas da Província Ígnea Alto Paranaíba, de modo que a sua obtenção deverá trazer subsídios fundamentais para a compreensão dos processos de enriquecimento do manto, entre eles a controversa origem da assinatura enriquecida (Dupal) presente nessas rochas (Toyoda *et al.*, 1994).

1.1. Conceituação sobre Xenólitos Mantélicos

O conhecimento da composição e estrutura do manto superior é fundamental para diversas áreas das geociências, com implicações diretas para a geração de magmas de natureza a mais variada, sejam basálticos, alcalinos ou até mesmo graníticos, que embora geralmente dominados por componentes crustais, em muitos casos têm proporção importante de componentes mantélicos (e.g., Barbarin 1999, Patiño-Douce 1999).

Fragments do manto terrestre são frequentemente transportados em magmas básicos e ultrabásicos, principalmente de natureza alcalina, como kimberlitos (Grupos I e II), lamproítos e lamprófiros (minettes, monchoquitos, alnoítos), membros da série dos basaltos alcalinos (basaltos alcalinos *sensu stricto*, basanitos, tefritos etc), nefelinitos e melilitos (e.g. Nixon 1987, Mitchell 1986).

Apesar de aflorarem em áreas restritas da crosta, as associações de rochas basálticas alcalinas e os conjuntos de corpos kimberlíticos ou lamproíticos estão amplamente distribuídos, de modo que em trabalhos recentes menciona-se a existência de xenólitos mantélicos em mais de 3500 localidades (Pearson *et al.* 2003).

Na literatura sobre xenólitos mantélicos destacam-se dois grupos principais de rochas, os eclogitos e os peridotitos. Os eclogitos consistem em agregados de clinopiroxênio da variedade onfacita e granada do grupo do piropo-almandina, com vários minerais acessórios entre os quais o mais comum é o rutilo.

Os peridotitos contêm abundante olivina e quantidades menores e variáveis de ortopiroxênio e clinopiroxênio, podendo apresentar fases aluminosas como plagioclásio,

espinélio ou granada, e representam o tipo de rocha mais abundante no manto (Pearson *et al.* 2003).

Com base no estudo dos xenólitos do manto transportados por associações de rochas distintas, localizadas em diferentes ambientes tectônicos, Pearson *et al.* (2003) destacaram as diferenças entre os xenólitos mantélicos encontrados em regiões cratônicas ou situadas ao redor dos crátons (“on craton”), que são comumente transportados por kimberlitos, daqueles que ocorrem em rochas alcalinas máficas (e.g. basaltos alcalinos *sensu lato*), lamprófiros etc, e estão localizadas em regiões afetadas por adelgaçamento da litosfera. Estas regiões, denominadas “não cratônicas” (“off craton”), podem ser tanto continentais como oceânicas, sendo a profundidade de xenólitos mantélicos amostrados inferior a 140km e predominando peridotitos de fácies espinélio. Nas regiões “on-craton” a profundidade de amostragem de xenólitos mantélicos ultrapassa 200km, e ocorre predominância de xenólitos em fácies granada (Mitchel 1986).

Pearson *et al.* (2003) também apresentam informações detalhadas sobre peridotitos encontrados em kimberlitos, principalmente nos kimberlitos do Grupo I, são reconhecidos cinco tipos importantes, cujas características são resumidas a seguir:

Tipo I – peridotitos ricos em Mg. A maioria são harzburgitos e lherzolitos; peridotitos da fácies com espinélio são comuns, porém menos abundantes. São considerados de “baixa temperatura”, com temperaturas de equilíbrio em torno de, ou menores que 1100°C (Boyd 1987, Pearson *et al.* 2003). Geralmente apresentam granulação grossa, com baixo grau de deformação.

Tipo II – peridotitos ricos em Fe (lherzolitos, websteritos, clinopiroxenitos, ortopiroxenitos), com temperatura de equilíbrio semelhante ao tipo anterior. Os minerais componentes possuem teores mais elevados de Fe, Ca, Al e Na.

Tipo III – dunitos. Conhecem-se duas variedades, uma de granulação grossa a muito grossa, e outra, de granulação fina a média, com olivina mais rica em Fe e indícios de deformação e metassomatismo.

Tipo IV – peridotitos e piroxenitos vários, deformados (com texturas porfiroclásticas), com temperaturas de equilíbrio semelhantes às do tipo I. Estes xenólitos exibem características intermediárias entre as dos tipos I e V.

Tipo V – peridotitos geralmente com granulometria mais fina, altamente deformados, com granadas e piroxênios freqüentemente zonados. São os xenólitos de

alta temperatura; as temperaturas de equilíbrio variam entre 1100 e 1500 °C (Boyd 1987, Pearson *et al.* 2003).

1.1.1. Textura em peridotitos mantélicos

Mercier & Nicolas (1975) ilustraram e descreveram detalhadamente vários tipos de lherzolitos com espinélio encontrados em basaltos alcalinos da França, Alemanha, Península Ibérica e Hawaii e caracterizaram os principais tipos texturais, organizados segundo uma sequência que começa com a textura metamórfica protogranular e culmina com a textura equigranular.

Segundo estes autores a textura **protogranular** é observada principalmente nos lherzolitos. O aspecto geral é parecido ao de rochas magmáticas, com cristais maiores (até 4 mm) de olivina e ortopiroxênio e grãos menores de clinopiroxênio e espinélio vermicular. Os contatos entre os grãos são irregulares (a curvilíneos), exceto localmente, quando podem ser encontradas estruturas de recristalização, evidenciadas pela retificação dos contornos dos grãos. Fracas evidências de deformação estão indicadas pelo achatamento de cristais maiores de olivina e a presença de *kink bands* esporádicas. O tamanho dos cristais é em média maior que 2mm.

A textura **porfiroclástica** exibe duas classes de cristais de olivina e enstatita: grãos grandes com evidências de deformação (porfiroclastos com *kink bands*) e grãos menores sem deformação, com contornos retos (neoblastos), junto com os pequenos grãos xenomórficos de outros minerais (clinopiroxênio e espinélio). Os neoblastos, se menores que 0,01mm e com proporção maior que 90%, conferem à textura da rocha o radical **mosaico** (-porfiroclástica), no entanto este tipo de textura foi descrita em pouquíssimas amostras estudadas por Mercier & Nicolas (1975). Os porfiroclastos, comumente achatados, conferem foliação às rochas.

A textura **equigranular**, descrita por Mercier & Nicolas (1975), é o resultado de uma recristalização completa. Apresenta minerais que em média são menores que 2mm, nas quais os diferentes minerais têm tamanho semelhantes, exceto pela ocasional presença de relictos de porfiroclastos. Os limites entre os grãos são retilíneos e convergem em pontos tríplexes a 120°. É equivalente a textura denominada **granoblástica** definida por Harte (1977) para estas amostras, termo que apresenta

contexto textural e genético mais adequado e portanto é o que será utilizado nas classificações.

O trabalho de Boulier & Nicolas (1975) analisou as características de xenólitos de kimberlitos Sul-africanos e descreve texturas semelhantes ao trabalho de Mercer & Nicolas (1975), com exceção da textura **fluidal**, que consiste em lentes compostas por grãos muito pequenos (em torno de 0,01 mm), formando mosaicos geralmente de olivina, conectados com porfiroclastos da mesma espécie. Esta é uma variação da textura mosaico-porfiroclástica, que ao contrário dos xenólitos de basaltos alcalinos (Mercier & Nicolas 1975), são comuns nos kimberlitos sul-africanos. Segundo Harte (1977), esta característica textural tem conotação genética e está relacionada a processos de superplasticidade relacionadas a astenosfera, como indica a “inflexão de Lesotho” de Boyd (1987), que consiste em uma mudança da inclinação da geoterma entre os grupos de xenólitos granulares e cisalhados (porfiroclástico e porfiroclástico em mosaico), calculada por geotermobarometria.

No entanto, trabalhos mais recentes atribuem estas texturas ao metassomatismo na base da litosfera, pela identificação de bordas enriquecidas em Fe, Ti, Zr e empobrecidas em Cr em porfiroclastos de granada (Griffin *et al.* 1996, O'Reilly & Griffin 2013). Gaillard *et al.* (2008) sugerem que zonas de baixa resistividade elétrica no manto superior provavelmente são causados pela presença de pequenos volumes de líquidos carbonatíticos, que por conta disso seriam altamente condutivas (1000 vezes mais que silicato fundido). Estes magmas também têm alta capacidade de percolação o que ajuda na formação de redes interconectadas entre os limites de grãos, gerando as texturas em mosaico.

Outro importante aspecto textural é o metassomatismo modal, que é comum nos xenólitos de kimberlitos no mundo inteiro (Dawson 1980, Erlank *et al.* 1987). Segundo Dawson (1980) o reconhecimento do metassomatismo modal envolve:

a) observações detalhadas das texturas dos xenólitos. Veios de tamanho e forma variáveis compostos por minerais resultantes de processos metassomáticos podem atravessar os grãos das rochas, ou se infiltrar ao longo das bordas dos cristais; pode haver também substituição de minerais do peridotito (e.g. conversão de piroxênios em K-richterita e flogopita);

b) estudo das espécies minerais no tocante ao tipo, forma e distribuição e, principalmente a sua composição química. (e.g. diferenças entre a composição das flogopitas metassomáticas e as do peridotito).

A origem do metassomatismo é também complexa, assim como o são as relações entre metassomatismo e subsequente magmatismo (Jones *et al.* 1982). O metassomatismo de infiltração provavelmente é o precursor necessário para a fusão parcial do manto superior e, particularmente para gerar magmas kimberlíticos e basálticos alcalinos (Jones *et al.* 1982). Por outro lado, as relações de fases experimentais sugerem fortemente que o metassomatismo de infiltração pode ser uma consequência do magmatismo kimberlítico (Jones *et al.* 1982).

O trabalho de Gregoire *et al.* (2002) sugere a partir de estudos de elementos traço e modelagem petrogenética que a existência de xenólitos metassomatisados tais como MARID (mica + anfibólio + rutilo + ilmenita + clinopiroxênio) e PIC (flogopita + ilmenita + clinopiroxênio) estariam intimamente ligados à geração de magmas kimberlíticos, respectivamente do tipo I e do tipo II (orangeítos).

1.2. Distribuição de elementos incompatíveis em xenólitos do manto

Os processos de geração de magmas no manto são frequentemente modelados a partir de sua composição modal e dos teores e razões entre elementos traço. Os elementos incompatíveis, em particular, são largamente utilizados para inferências sobre o tipo de fonte, grau de fusão parcial e ambiente tectônico, sendo amplamente aceita, por exemplo a correlação entre razões LILE/HFSE e ambientes associados ou não a subducção.

O estudo textural e mineralógico de xenólitos mantélicos ultramáficos tem mostrado, no entanto, que o comportamento dos elementos incompatíveis pode ser bastante complexo nessas rochas, refletindo múltiplos processos de enriquecimento e/ou empobrecimento. A possibilidade de alteração associada a interações com o magma hospedeiro adiciona complexidade ao quadro.

É bem estabelecido na literatura há algum tempo que elementos incompatíveis móveis (Rb, K, Ba, U) ocorrem em fases acessórias ao longo de limites de grãos em xenólitos do manto (Zindler & Jagoutz 1988). Embora em alguns casos que elementos traço incompatíveis sejam residentes principalmente nas fases minerais sólidas principais de xenólitos de manto (Eggins *et al.* 1998), tem sido demonstrado em anos recentes que mesmo elementos incompatíveis menos móveis (e.g., ETR, Nb, Ta) podem não ser residentes nessas fases.

A combinação de estudos texturais e químicos de detalhe utilizando técnicas analíticas modernas (e.g., microscopia eletrônica de varredura e LA-ICPMS) tem revelado que os elementos incompatíveis ocorrem com frequência em fases minerais de limites de grãos, inclusões fluidas ou líquidos aprisionados (Zindler and Jagoutz 1988, Bodinier *et al.* 1996, Condie *et al.* 2004). Mesmo nos casos mais comuns em que as dimensões dessas fases são muito pequenas para a sua identificação ou quantificação de sua composição química, tem sido possível identificar assinaturas geoquímicas características, que permitem associar a sua geração com processos de modificação do manto singulares e/ou com interação com o magma hospedeiro (e.g., Condie *et al.* 2004, Ionov *et al.* 2002)

2. Objetivos

Os principais objetivos deste trabalho foram:

- Estudo petrográfico de detalhe de um conjunto de 74 amostras de xenólitos do manto com caracterização textural, mineralógica e modal com a finalidade de identificar xenólitos mantélicos que sofreram metassomatismo modal (Dawson 1984), ou seja, com a presença de minerais diferentes daqueles comumente presentes em peridotitos (olivina+ortopiroxênio+clinopiroxênio+espinélio e/ou granada), e os xenólitos isentos deste tipo de processo. Embora o clinopiroxênio seja uma fase comum em xenólitos mantélicos, algumas vezes pode ocorrer clinopiroxênio com textura intersticial, na forma de bolsões, ou associado a flogopita caracterizando metassomatismo modal. Por isso, O'Reilly & Griffin (2013) sugeriram o termo “*stealth metasomatism*” para este caso específico, no entanto para o presente trabalho, onde a textura do clinopiroxênio discrimina muito bem os dois tipos distintos, são usados somente os termos metassomatismo modal e metassomatismo críptico. Este último se refere a modificação química dos minerais sem a adição de uma nova fase mineral (Dawson 1984);

- Estudo textural e químico semi-quantitativo em microscópio eletrônico de varredura, para identificação de fases minerais acessórias, incluindo aquelas presentes em limites de grão e micro-fraturas, objetivando a caracterização de infiltração de magmas hospedeiros e diferenciar eventuais processos de metassomatismo *in loco* (no manto) e durante o transporte pelo magma hospedeiro;

- Determinação da composição química dos minerais constituintes em termos de elementos maiores e menores (por microsonda eletrônica), traços, incluindo os

elementos terras raras (por LA-Q-ICPMS), e isótopos de Sr (por LA-MC-ICPMS), de modo a investigar as assinaturas químicas dos minerais caracterizados como de origem metassomática, como identificar minerais de amostras sem metassomatismo modal, mas com metassomatismo críptico, além de determinar as condições de formação dos xenólitos (geotermobarometria) e a residência dos elementos incompatíveis;

- Identificação dos processos petrológicos registrados nos xenólitos, e distinção entre esses processos e as eventuais modificações associadas à interação com os magmas hospedeiros.

Capítulo II- Materiais e Métodos

Além de explorar os aspectos petrológicos de rochas máfica-ultramáficas alcalinas e de xenólitos mantélicos estudados, bem como o contexto geológico destas rochas na área da APIP existentes na bibliografia especializada, o presente trabalho obteve dados petrográficos e de química mineral (elementos maiores e traços) a partir de 74 seções delgadas de amostras previamente coletadas por Darcy P. Svisero e pelo candidato (Nannini 2011) em cinco ocorrências conhecidas. Segundo Gonzaga & Tompkins (1991), empresas de prospecção fizeram inúmeras descobertas de kimberlitos e rochas afins nessa região, de modo que os nomes e as localizações dessas ocorrências não foram divulgadas, até 2003, quando a CPRM (Serviço Geológico do Brasil) adquiriu algumas informações a esse respeito. Paralelamente ao trabalho das empresas de prospecção na época, outros pesquisadores e técnicos independentes (e.g. Barbosa *et al.* 1970, Svisero *et al.* 1984, Gonzaga & Tompkins 1991, entre outros) identificaram diversos kimberlitos e rochas semelhantes na região do Alto Paranaíba, nomeando-os à sua maneira. Estes acontecimentos fizeram com que um mesmo corpo pudesse apresentar dois (ou mais) nomes diferentes ou, em alguns casos, um mesmo nome pode ter sido atribuído a corpos distintos, provocando muita confusão entre os prospectores vinculados a empresas de prospecção e pesquisadores vinculados às Universidades. Esta discussão foi objeto de debate no 6º Simpósio de Geologia do Diamante em Patos de Minas (2014). Embora não se tenha chegado a um consenso sobre os nomes a serem adotados, a sugestão com concordância unânime nesse debate foi a de localizar os corpos em UTM ou coordenadas geográficas em trabalhos futuros, para evitar maiores confusões. Os nomes das intrusões adotados nesta tese são os empregados pelo professor Darcy P. Svisero e sua correspondência com aqueles utilizados por empresas de exploração está explicitada no parágrafo seguinte, a partir de informações do banco de dados não publicados da CPRM.

Os nomes das intrusões estudadas e suas respectivas coordenadas geográficas são: Indaiá 1 (-47,457717°, -18,571007°), Indaiá 2 (-47,456124°, -18,569510°), Limeira 1 (-47,466837°, -18,559824°), Forca 1 (-47,366252°, -18,559824°) e Facão (-47,366252°, -18,505729°). As denominações Perdizes 3, Perdizes 4 e Presidente Olegário 9, atribuídas pelas empresas de exploração, correspondem respectivamente aos corpos Indaiá 1, Limeira 1 e Facão. O corpo Forca apresenta o mesmo nome (Forca 1). Já a intrusão Indaiá 2 não apresenta correspondência com os nomes dados pelas empresas.

1. Microscopia óptica

Foram estudadas seções delgadas ao microscópio petrográfico de luz transmitida e refletida, a fim de caracterizar os minerais dos xenólitos e as relações texturais, orientando estudos de microscopia eletrônica de varredura e as interpretações sobre a evolução petrológica dos xenólitos. Foram estudados 6 exemplares da intrusão Forca, 30 exemplares da intrusão Limeira 1, 30 exemplares da intrusão Indaiá 1, 8 exemplares da Facão, além de uma amostra do corpo Indaiá 2. Estimativas modais foram feitas utilizando *charriot* e contador de pontos.

2. Microscopia eletrônica de varredura

Os estudos de microscopia óptica foram seguidos, em amostras selecionadas, por microscopia eletrônica de varredura, com obtenção de imagens de elétrons retroespalhados e análises semi-quantitativas por EDS. Em particular, serão estudados os minerais opacos, que podem apresentar heterogeneidades, em texturas que não são visíveis ao microscópio óptico, e a eventual presença de fases exóticas como titanatos (e.g., mathiasita, priderita, que já foram reportadas em xenólitos da região com evidências de metassomatismo; Almeida *et al.* 2014). Além disto, foram estudadas as texturas indicativas de interação com magmas ou fluidos, como apoio à identificação da residência dos elementos incompatíveis e sua associação com processos metassomáticos.

Nesses estudos, deverão ser utilizados o microscópio eletrônico de varredura Stereoscan S440 (Leo) com sistemas de microanálise INCA (EDS/WDS, marca Oxford) e de análises de imagens QWin Pro (Leica) do Laboratório de Caracterização Tecnológica do Departamento de Engenharia de Minas e de Petróleo da Escola Politécnica da USP e o microscópio LEO-440I com sistemas de microanálise INCA (EDS/WDS, marca Oxford) do Departamento de Geologia Sedimentar e Ambiental do Instituto de Geociências da USP.

3. Microsonda eletrônica

Todas as amostras foram recobertas com carbono em vácuo. As análises foram efetuadas com um potencial de 15 kv e uma corrente de cerca de 20 nA e diâmetro de 5 µm para todos os minerais analisados em ambas microsondas eletrônicas de São Paulo e de Saint Andrews (Escócia). As análises químicas em fases minerais foram realizadas em Microsonda Eletrônica (EPMA) marca JEOL, modelo JXA-8600 composto por cinco espectrômetros, no IGc-USP; e modelo JXA-733, composto por três espectrômetros, em Saint Andrews. Os espectrômetros têm dois cristais analisadores, com automação de fabricação NORAN e sistema Voyager 3.6.1. Correções de efeitos de matriz foram feitas com o procedimento PROZA (Bastin *et al.* 1984). Em Saint Andrews alguns minerais muito pequenos foram analisados por área e o vidro foi analisado com um feixe de 10µm, para minimizar efeitos de volatilização. Os padrões utilizados nas análises feitas na microsonda do IGc-USP e em St Andrews estão contidos na Tabela 1.

Os dados obtidos foram tratados para o cálculo das fórmulas estruturais das fases minerais analisadas por meio do programa Microsoft Office Excel[®]. A visualização destes dados pode ser feita por meio de tabelas representativas no texto (Tabelas 5-9), tabelas com os dados completos, no ANEXO C, juntamente com os dados de xenólitos obtidos em Nannini (2011), expressos com os códigos das amostras em negrito. A partir destes resultados e dados, foi possível analisar o comportamento químico, e suas implicações para a química do manto e a determinação das condições de pressão e temperatura com o auxílio do programa PTELX baixado gratuitamente no site: www.mineralogie.uni-frankfurt.de/petrologie-geochemie.

Tabela 1- Padrões químicos utilizados nas análises por microsonda eletrônica nos laboratórios do IGc-USP e na School of Geography and Geosciences da Universidade de St. Andrews, Escócia.

Elemento	IGc- USP	Universidade de St. Andrews
Si	wollastonita	wollastonita
Ti	rutilo	rutilo
Al	anortita	Coríndon
Fe	olivina	óxido de Fe (Fe ₂ O ₃)
Mn	olivina	óxido de Mn (MnO)
Mg	diopsídio	periclásio (MgO)
Ca	wollastonita	wollastonita
Na	albita	albita
K	ortoclásio	Ortoclásio
Cr	óxido de Cr (Cr ₂ O ₃)	óxido de Cr (Cr ₂ O ₃)
Ni	óxido de Ni (NiO)	óxido de Ni (NiO)

4. LA-Q-ICPMS: elementos traço *in situ* em minerais

Análises químicas de elementos traço (em concentração da ordem de ppm, ou ppb) em minerais constituem uma ferramenta fundamental no estudo de xenólitos do manto, e seu uso, inicialmente limitado a um pequeno número de laboratórios dotados de microsonda iônica (SIMS), tem ganhado grande impulso com a implantação de espectrômetros ICPMS dotados de amostradores por “laser ablation”. O interesse pela análise de elementos traços reflete não apenas a possibilidade de determinar com precisão a composição de diversos elementos incompatíveis de grande significado na petrologia de magmas derivados do manto (e.g., ETR, Nb, Ta, Th, U etc), mas também a grande vantagem de identificar zoneamentos químicos que muitas vezes podem ser preservados devido aos baixos coeficientes de difusão desses elementos em algumas fases minerais. Dessa forma, ao lado de estimativas adicionais e/ou mais precisas de parâmetros físico-químicos como temperatura e pressão de cristalização, os dados obtidos por LA-ICPMS (ou SIMS) permitem estimar o controle de processos de fusão parcial e extração de fundidos sobre a composição do manto (e.g., Norman 1998).

O amostrador “laser ablation” de 216 nm marca New-Wave foi implantado em abril de 2006 no espectrômetro quadrupolo (Q) ICP-MS Perkin-Elmer modelo ELAN-600 dotado de uma célula de reação dinâmica, em rotina no Laboratório de ICP do Instituto de Geociências desde o ano de 2004. As rotinas de análise implementadas permitem alcançar limites de detecção da ordem de sub-ppm para a maior parte dos elementos traço nos minerais de interesse (olivina, piroxênio), com resolução espacial da ordem de 5-10 μm . O sinal produzido pelos íons amostrados é quantitativamente estimado a partir da calibração utilizando materiais de referência certificados, que incluem um padrão externo (tipicamente, vidros artificiais produzidos pelo NIST- National Institute of Standards and Technology- EUA) e um padrão interno (um elemento químico interno, cuja concentração é conhecida de modo independente) (e.g., Jackson *et al.* 1992). A exatidão do método é avaliada pela análise de materiais de referência como amostra desconhecida (e.g., vidros de composição basáltica).

Foram analisados cristais de clinopiroxênio, ortopiroxênio, olivina, flogopita, anfibólio minerais do grupo do espinélio, ilmenita e titanato utilizando-se como padrões químicos a composição de vidros artificiais (NIST-610) e como controle de qualidade vidro de basalto (BCR). Os diâmetros dos spots utilizados nas análises variaram de 20 a 40 μm . Como padrões internos foram utilizados teores de CaO, obtidos por microsonda

eletrônica, para normalização das análises de clinopiroxênio e anfibólio; MgO para as de ortopiroxênio, olivina, flogopita e espinélio; TiO₂ para ilmenita e titanato.

Os limites de detecção médios por elemento, juntamente com o desvio padrão, de análises em materiais de referência (NIST-612, BHVO-2 e BIR-1G) são mostrados na Tabela 2. Os valores dos limites de detecção obtidos nas análises dos minerais dos xenólitos foram por vezes menores em relação aos mostrados na Tabela 2 e mostraram variações entre os minerais como é mostrado no ANEXO D.

Tabela 2- Limites de detecção médios (em ppm) e desvio padrão obtidos em análises em materiais de referência para elementos traço em LA-Q-ICP-MS.

elemento	limite de detecção	desvio padrão	elemento	limite de detecção	desvio padrão	Elemento	limite de detecção	desvio padrão
⁷ Li	0,35	0,270	⁶³ Cu	0,156	0,109	¹⁵¹ Eu	0,025	0,018
²³ Na	0,54	0,408	⁶⁶ Zn	0,889	0,660	¹⁵⁷ Gd	0,074	0,051
²⁵ Mg	3,51	2,192	⁸⁵ Rb	0,046	0,034	¹⁵⁹ Tb	0,013	0,008
²⁷ Al	1,01	0,701	⁸⁸ Sr	0,027	0,017	¹⁶³ Dy	0,076	0,055
³¹ P	10,47	5,852	⁸⁹ Y	0,025	0,015	¹⁶⁵ Ho	0,015	0,010
⁴² Ca	94,00	59,359	⁹⁰ Zr	0,052	0,035	¹⁶⁶ Er	0,042	0,025
⁴⁵ Sc	0,17	0,093	⁹³ Nb	0,029	0,019	¹⁶⁹ Tm	0,016	0,010
⁴⁹ Ti	2,00	1,514	¹³⁷ Ba	0,124	0,088	¹⁷³ Yb	0,071	0,045
⁵¹ V	0,13	0,089	¹³⁹ La	0,015	0,010	¹⁷⁵ Lu	0,018	0,011
⁵² Cr	0,90	0,609	¹⁴⁰ Ce	0,014	0,009	¹⁷⁹ Hf	0,069	0,035
⁵⁵ Mn	0,31	0,226	¹⁴¹ Pr	0,012	0,007	¹⁸¹ Ta	0,019	0,012
⁵⁹ Co	0,07	0,055	¹⁴³ Nd	0,081	0,049	²⁰⁸ Pb	0,049	0,034
⁶⁰ Ni	3,21	3,098	¹⁴⁷ Sm	0,089	0,057	²³² Th	0,021	0,012
						²³⁸ U	0,023	0,016

5. LA-MC-ICPMS: isotopia de Sr *in situ* em clinopiroxênio

A assinatura isotópica do manto é informação importante para estudos de petrogênese, mas muitas vezes não pode ser obtida com confiança, dado o pequeno tamanho dos xenólitos disponíveis e as evidências petrográficas e geoquímicas de interação com o magma hospedeiro (e.g. Schmidberger *et al.* 2003). Deste modo, a possibilidade de obter análises isotópicas *in situ* de pequenos volumes de minerais onde os elementos incompatíveis de interesse se concentram (e.g., clinopiroxênio e perovskita) por técnicas como LA-MC-ICPMS e SIMS tem trazido grande impulso à identificação mais precisa das características isotópicas de xenólitos do manto, com implicações significativas para modelos de evolução do manto (Class and le Roex 2011, Paton *et al.* 2007).

Análises isotópicas de Sr foram obtidas em cristais de clinopiroxênio por LA-MC-ICPMS no CPGeo-USP, em cristais com diferentes assinaturas de elementos

incompatíveis. O equipamento é um laser 193 nm Ar-F excimer acoplado a um espectrômetro de massa ThermoFinnigan NeptuneTM equipado com 9 coletores Faraday (com resistores de 10-11 Ω).

Para monitorar o fracionamento de isótopos de Sr, para cada dia de análise são feitas 8 a 9 medidas obtidas em um padrão de coral moderno (Bizzarro *et al.* 2003, Schmidberger *et al.* 2003). A ablação foi realizada em spots 126 μ m para as análises nos cristais de clinopiroxênio, pulso com a taxa de 6Hz e energia de 6mJ (resultando em uma densidade de energia de 4,29mJ/cm²).

As análises envolveram 60 ciclos de um segundo cada e após retiradas as interferências isobáricas advindas do branco (Kr contido no gás Ar utilizado na ablação interfere sobre as massas 84, 86 e 87 de Sr) e de ⁸⁷Rb sobre ⁸⁷Sr.

As médias e desvios padrão relativos em 7 determinações no coral intercaladas com as análises do clinopiroxênios dos xenólitos, são mostradas na Tabela 3. Os cálculos e procedimentos foram adotados de Segal *et al.* (2003).

Tabela 3- Razões isotópicas obtidas em coral moderno, com as médias e desvios padrão para todas as análises de referência.

	⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr	erro 2s	⁸⁴ Sr/ ⁸⁶ Sr	erro 2s	⁸⁴ Sr/ ⁸⁸ Sr	erro 2s
1	0,70907	0,00003	0,05672	0,00004	0,00677	0,000005
2	0,70914	0,00003	0,05666	0,00002	0,00676	0,000002
3	0,70917	0,00002	0,05655	0,00001	0,00675	0,000001
4	0,70918	0,00003	0,05631	0,00002	0,00672	0,000002
5	0,70911	0,00003	0,05659	0,00002	0,00676	0,000002
6	0,70916	0,00003	0,05641	0,00002	0,00674	0,000002
7	0,70911	0,00003	0,05625	0,00002	0,00672	0,000003
média	0,70913	0,00003	0,05650	0,00002	0,00675	0,000002
desvio padrão	0,00004	0,00000	0,00018	0,00001	0,00002	0,000001

A qualidade dos dados foi ainda verificada através do monitoramento das razões invariantes 84/86 e 84/88, com valores aceitos próximos a 0,0565 e 0,00675, respectivamente.

6. Elementos maiores nas rochas dos corpos Indaiá 1 e Indaiá 2

Foram feitas análises químicas de rocha total em rochas das intrusões Indaiá 1 e Indaiá 2 no Laboratório de ICP do Instituto de Geociências da Universidade de São

Paulo. A metodologia utilizada foi ICP-OES, após abertura e ionização por fusão alcalina, esta metodologia é descrita com detalhes em Janasi *et al.* (1995).

7. Nomenclatura petrográfica adotada neste trabalho

A classificação de rochas máficas/ultramáficas alcalinas é tema de grande discussão e divergências na literatura. A definição de kimberlitos, lamproítos, kamafugitos foi discutida no trabalho de Woolley *et al.* (1996) objetivando a classificação adequada destas rochas, que depende de critérios mineralógicos e químicos específicos. Lamprófiros ultramáficos como alnöitos, aillikitos e damtjernitos foram incorporados a classificação pelo trabalho de Tappe *et al.* (2005).

Katungitos, mafuritos e uganditos, que dão o radical ao termo **kamafugito**, são rochas vulcânicas que apresentam entre os principais minerais componentes, kalsilita (KAlSi_2O_6) e/ou leucita (KAlSiO_4) e/ou melilita $[(\text{Ca},\text{Na})_2(\text{Mg},\text{Fe},\text{Al},\text{Si})_3\text{O}_7]$. Se a melilita é o mineral mais abundante, a rocha é chamada de katungito, se a kalsilita é o mineral mais abundante a rocha é chamada de mafurito, já se a rocha tem leucita como mineral mais abundante e contém kasilita ou melilita, ela é chamada de ugandito segundo os critérios de Holmes (1950, *in* Sahama 1974), que efetuou um importante estudo em Uganda, a oeste do *Rift Valley* Africano, mais precisamente na região de *Toro-Ankole*, em pequenos vulcões de caráter explosivo, com abundantes rochas piroclásticas. No entanto, Woolley *et al.* (1996) excluem os uganditos da classificação de kamafugitos, devido ao fato destas rochas raramente apresentarem melilita ou kalsilita, as denominando simplesmente de olivina leucititos. Segundo Woolley *et al.* (1996), além de mafurito (olivina-piroxênio kalsilitito) e katungito (kalsilita-leucita-olivina melilitito), venanzito (kalsilita-flogopita-olivina-leucita melilitito) e coppaelito (kalsilita-flogopita melilitito) são outros nomes utilizados para kamafugitos.

Lamproítos se distinguem de kamafugitos por não possuírem nefelina, melilita, kalsilita, feldspato alcalino rico em Na, plagioclásio, monticellita, granadas com Ti ou Zr e augita rica em Fe (Mitchell & Bergman 1991). São rochas vulcânicas que podem ser reconhecidas por apresentar Ti-flogopita, olivina forsterítica, Ti-K-richterita, Ti-tetraferroflogopita, leucita com pouco Na e Al, sanidina rica em Fe, diopsídio pobre em Al, titanatos de K e Ba, e silicatos de K e Zr ou Ti (como wadeíta - $\text{K}_2\text{ZrSi}_3\text{O}_9$) (Mitchell & Bergman 1991).

Quanto à composição química, os lamproítos têm as seguintes razões (entre % em peso) particularidades: $K_2O/Na_2O > 3$ (são rochas ultrapotássicas); $K_2O/Al_2O_3 > 0,8$; $(K_2O+Na_2O)/Al_2O_3 > 1$ (são peralcalinas); tipicamente possuem menos de 10% em peso de FeO, menos de 10% de CaO e entre 1 e 7% em peso de TiO₂. Os teores de alguns elementos traços são: Ba > 2000 ppm, Zr > 500 ppm, Sr > 1000 ppm e La >200 ppm.

Os **kimberlitos** são rochas ultrabásicas, potássicas, de origem mantélica, ricas em voláteis (CO₂, H₂O) e enriquecidas em elementos compatíveis e incompatíveis. Apresentam textura inequigranular marcada pela presença de macrocristais (entre 0,5 e 10 mm de diâmetro) e, às vezes, megacristais (com 1 a 20 cm de diâmetro), predominantemente de olivina com contornos xenomórficos, numa matriz fina que contém, além de olivina idiomórfica a subidiomórfica, alguns dos seguintes minerais: flogopita, carbonato (normalmente calcita), serpentina, clinopiroxênio (normalmente diopsídio), monticellita, apatita, espinélio, perovskita e ilmenita (Mitchell 1986).

Grande parte dos macrocristais de olivina magnésiana derivam da desagregação de xenólitos do manto. Além de olivina, podem ocorrer flogopita, picroilmenita, Cr-espinélio, granada magnésiana, clinopiroxênio (normalmente Cr-diopsídio) e ortopiroxênio (comumente enstatita). Tanto os macrocristais como os minerais da matriz podem aparecer alterados ou até totalmente substituídos por minerais secundários (carbonato, serpentina), resultantes de processos deutéricos (Mitchell 1986).

Os kimberlitos são divididos em dois grupos: kimberlitos do grupo I e kimberlitos do grupo II (denominados de orangeítos, por Mitchell 1995), que diferem na sua mineralogia, refletindo diferentes composições dos voláteis.

Os kimberlitos do grupo I apresentam minerais que remetem à origem em um ambiente rico em CO₂ e possuem olivina, espinélios, monticellita, diopsídio, perovskita, flogopita, apatita, carbonatos, serpentina, e rara barita (Mitchell 1986).

Os kimberlitos do grupo II, ou orangeítos (antigamente denominados de kimberlitos micáceos), têm origem em magmas ricos em H₂O e se caracterizam pela presença de flogopita como macrocristais, fenocristais e na matriz. Segundo Le Maitre *et al.* (2002), os estudos até agora realizados não permitem uma completa definição dessas rochas. Em suma, os minerais componentes incluem olivina, flogopita e tetraferroflogopita, poucos espinélios -em relação aos kimberlitos do Grupo I-

diopsídio, perovskita, apatita, carbonatos, serpentina, ilmenita com Mn, silicatos de zircônio, raras leucita e sanidina (Mitchell 1995).

Os lamprófiros ultramáficos foram classificados por Tappe *et al.* (2005), que eliminaram o termo melnoíto proposto por Mitchell *et al.* (1995). Alnóitos são considerados lamprófiros ultramáficos portadores de melilita, podendo conter macrocristais de olivina, flogopita e clinopiroxênio e/ou fenocristais e matriz composta por melilita, clinopiroxênio, flogopita, espinélio, ilmenita, perovskita, granada rica em Ti, apatita e pouco carbonato primário. A monticellita pode ocorrer nesta rocha em casos raros. Aillikitos são constituídos por carbonatos, macrocristais de olivina e flogopita, fenocristais e matriz de carbonato primário, flogopita, espinélio, ilmenita, rutilo, perovskita, granada rica em Ti e apatita. O termo mela-aillikitos se refere a espécies mais melanocráticas (índice de cor > 90%) como um resultado da presença de clinopiroxênio e/ou richterita na matriz juntamente com o carbonato. A monticellita pode ocorrer, porém não é comum. Damtjernitos são rochas com matriz composta por nefelina ou K-feldspato, com macrocristais de olivina, flogopita e clinopiroxênio, podendo ter fenocristais ou matriz contendo flogopita/biotita, clinopiroxênio, espinélio, ilmenita, rutilo, perovskita, granada rica em Ti, titanita, apatita e carbonato primário.

Tappe *et al.* (2005) e Woolley *et al.* (1996) apresentam critérios, utilizando as considerações de Le Maitre *et al.* (1989) e Le Bas & Streckeisen (1991), descritas a seguir:

1. Se a rocha possui mais de 50% de carbonato, é recomendado ser chamada de carbonatito.
2. Se a rocha é ultramáfica, com índice de cor maior que 90%, textura inequigranular contendo macrocristais e /ou fenocristais de olivina e flogopita:
 - a) se a rocha não contém carbonato primário, provavelmente é um lampróito;
 - b) se contém melilita é um alnóito;
 - c) se contém nefelina e /ou feldspato alcalino, é um damtjernito;
 - d) se é rico em carbonato e contém melanita/schorlomita ou kimzeyita é um aillikito;
 - e) se a rocha contém carbonato, esta pode ser aillikito, orangeíto (kimberlito Grupo 2) ou kimberlito do tipo 1, as diferenças devem ser identificadas pela composição mineral a seguir:

I. é aillikito se os cristais de espinélio formarem um “trend da titanomagnetita” e tiverem $Cr\# < 0,85$, Al-Ti flogopita evoluindo para empobrecimento em Al em direção a tetraferroflogopita pobre em Ti;

II. é orangeíto se os cristais de espinélio formarem um “trend da titanomagnetita” e tiverem $Cr\# > 0,85$, Ti-flogopita com composição de tetraferroflogopita em direção ao empobrecimento em Al, e se o clinopiroxênio for pobre em Al e Ti;

III. é kimberlito se os cristais de espinélio formarem um “trend do ulvoespinélio magnésiano” e tiverem $Cr\# > 0,85$; Al-flogopita com composição de tetraferroflogopita em direção ao enriquecimento em Al e Ba (kinoshitalita), e se o clinopiroxênio for ausente na matriz.

3. Se a rocha possui mais de 10% de melilita na moda e apresenta índice de cor maior que 90%, a recomendação é de ser chamada de melilitito.
4. Se a rocha contém kalsilita, mesmo que com mellilita, é sugerido o nome kalsilitito.
5. Se a rocha tem textura fina ou vítrea e há larnita normativa, a recomendação é de ser chamada de melilitito.
6. Se a rocha não apresentar leucita, for rica em olivina (35-55%) e se monticellita, flogopita, carbonato, serpentina, ou diopsídio forem minerais dominantes na matriz, a rocha é denominada de kimberlito.
7. Nos casos em que a rocha contém flogopita rica em titânio e pobre em Al, seja como fenocristais ou grãos da matriz (ou ambos), junto com leucita rica em Fe e/ou forsterita, além de richterita rica em K e Ti, diopsídio pobre em Al e Na, sanidina rica em Fe, wadeíta ($K_2Zr(Si_3O_9)$) e priderita $[(K,Ba)(Ti,Fe^{3+})_8O_{16}]$ como acessórios na matriz, a rocha deve ser denominada de lamproíto.

Capítulo III- Contexto Geológico

Durante o período cretáceo ocorreram as maiores manifestações de magmatismo máfico/ultramáfico alcalino no Continente Sul-Americano. Centenas de corpos de natureza kimberlítica, kamafugítica, lampróitica ou lamprofírica; e pelo menos 6 complexos carbonatíticos desenvolveram-se na porção oeste de Minas Gerais, com continuidade para o leste de Goiás e nordeste de São Paulo, abrangendo uma área de aproximadamente 180.000 km² (Gibson *et al.* 1995). Associada às intrusões ocorreu expressiva deposição de rochas piroclásticas do Grupo Mata da Corda (Leonardos & Meyer 1991, Fernandes *et al.* 2013). Segundo Brod *et al.* (2000) a associação de carbonatitos e rochas ultrapotássicas ocorre em diversas outras partes do mundo, e existe uma forte relação genética entre os dois tipos de magmatismo, com processos de imiscibilidade explicando a separação dos magmas carbonatíticos dos magmas kamafugíticos.

A porção norte desta área é descrita na literatura como Província Ígnea do Alto Paranaíba (APIP), por estar situada próxima ao rio homônimo (Barbosa *et al.* 1970, Gibson *et al.* 1995, Leonardos & Meyer 1991, entre outros); alguns autores a designam Província Alcalina do Alto Paranaíba (Araujo *et al.* 2001). Já ao sul, se aproximando do limite de estado com São Paulo ocorrem agrupamentos de corpos máficos-ultramáficos alcalinos próximos às intrusões Araxá-Tapira que ocorrem desde a região de Franca-SP. Nas proximidades da Serra da Canastra, agrupamento semelhante foi nomeado de Província Kimberlítica/Diamantífera da Serra da Canastra por Chaves *et al.* (2008). Este último é o único local do estado de Minas Gerais onde ocorre um corpo com teor econômico comprovado de diamantes, o Canastra-1 (Chaves *et al.* 2008).

Estas rochas alcalinas e carbonatíticas ocorrem intrusivas (diatremas ou diques) ou na forma de derrames (no caso dos kamafugitos), em três ambientes tectônicos distintos: Bacia do Paraná, Cráton do São Francisco e Faixa Brasília, sendo que a predominância de corpos ocorre na região da Faixa Brasília devido a um paleo-alto, que separou as bacias do Paraná e São Francisco (Dardenne & Schobbenhaus 2001, Hasui & Haralyi 1991, Campos & Dardenne 1997). A porção sul da Faixa Brasília tem elementos estruturais como dobras e cavalgamentos resultantes da colisão entre as placas Paranapanema e Sanfranciscana de modo que o limite aflorante representa a frente de cavalgamento que sobrepõe as rochas da faixa de Dobramentos Brasília aos sedimentos cratônicos do Grupo Bambuí, conforme evidenciado pelos levantamentos gravimétricos

realizados, e pela coleta de dados geológicos regionais (Dardenne & Schobbenhaus 2001). Os dados de sísmica de reflexão, tomografia sísmica e gravimetria, assim como a geologia, também sugerem que o limite da placa Sanfranciscana ocorreria mais a W e boa parte das rochas da faixa Brasília estão sobrepostas ao craton, de modo que a localização de praticamente todas as ocorrências de kimberlitos estariam sobre litosfera cratônica, o que está de acordo com a grande quantidade de corpos na região com xenocristais e xenólitos constituídos por Cr-piropo, que indicam resgate de xenólitos de litosfera profunda, caracterizando região cratônica (Pereira 2007, Rocha 2008). Na Bacia do São Francisco os litotipos mais antigos são atribuídos ao neoproterozóico e correspondem ao Grupo Bambuí, constituído por calcários e siliciclásticas interpretados como de sedimentação marinha plataformar em bacia do tipo ante-país (Martins-Neto *et al.* 1997, Campos & Dardenne 2007, Fragozo *et al.* 2011). Em discordância com este grupo ocorrem depósitos espessos de idade cretácica pertencentes aos grupos Areado e Mata da Corda. Estas unidades têm sua gênese relacionada ao estiramento crustal produzido após a abertura do Atlântico Sul sendo responsável pela formação de um conjunto de falhamentos normais, com reativação de estruturas mais antigas originando uma bacia em formato graben-horst, onde depositou-se o grupo Areado, constituído pelas formações Abaeté (conglomerados, brechas e arenitos), Quiricó (siltito, argilito, folhelho e arenito fino a grosso) e Três Barras (arenitos estratificados). Rochas vulcânicas, piroclásticas e epiclásticas do Grupo Mata da Corda evidenciam uma atividade magmática produzida durante o Cretáceo Superior (Gibson *et al.* 1995, Sgarbi *et al.* 2000).

1. O Alinhamento 125°

Os kimberlitos e rochas afins do W de Minas Gerais, e regiões adjacentes estão alinhados com os corpos kamafugíticos da Província Alcalina de Goiás (PAG; Junqueira- Brod 2002) e com os basaltos alcalinos de Poroxéu (Mato Grosso) ao longo de um “trend” estrutural chamado de alinhamento 125°, ou azimute 125° (Bardet 1977). Os kimberlitos de Paranatinga (MT) e lamproítos e kimberlitos de Juína também ocorrem alinhados ao longo deste alinhamento. Todas as datações das rochas kimberlíticas, lamproíticas e kamafugíticas para este alinhamento têm idades entre 68 e 99 Ma (Gibson *et al.* 1995, Sgarbi *et al.* 2004, Basei *et al.* 2003, Guarino *et al.* 2013,

Costa 1996 e Felgate *et al.* 2014), com exceção dos kimberlitos de Paranatinga com datações de 123-126 Ma pelo método U/Pb em zircão (Heaman *et al.* 1998).

Com o avanço dos estudos de aeromagnetometria foi possível verificar a existência de diversos lineamentos magnéticos muito bem marcados, com direção NW-SE, que coincidem com o alinhamento 125° (Rocha *et al.* 2014). Estes lineamentos magnéticos podem ser observados desde a Província Alcalina de Goiás até o sul do Craton do São Francisco. Segundo Rocha *et al.* (2014) o alinhamento é composto por rochas com alta resposta ao magnetismo que não afloram na superfície em sua maior extensão. No entanto, alguns trechos contidos nestes lineamentos magnéticos têm diques aflorantes de olivina gabro e olivina diabásio, com idades que variam de 120-900 Ma. Rocha *et al.* (2014) considera que os lineamentos foram gerados durante o evento Brasileiro, resultante de tectônica transtensional que teria sido reativada durante a fragmentação do Gondwana e posteriormente durante a extrusão dos magmas alcalinos da APIP.

Algumas populações de kimberlitos são concentradas ao longo de conjuntos paralelos de corredores largamente distribuídos ao longo de boa parte do Sul da África, e episódios repetidos de magmatismo são observados dentro de muitos agrupamentos. Estes corredores são interpretados como a manifestação de descontinuidades no manto litosférico, identificados através de gradientes geofísicos e mudanças na composição do manto litosférico. Na crosta, estes corredores são expressos como limites de terrenos, riftes continentais incipientes, zonas de fraturas ou grandes enxames de diques (Jelsma *et al.* 2009).

2. Assinatura isotópica do manto na APIP e implicações regionais

A assinatura isotópica de kimberlitos do tipo 1 é similar aos basaltos de ilha oceânica, e, portanto, eles são considerados de origem astenosférica. No entanto, uma variedade de fontes tem sido proposta por pesquisadores para explicar a origem de kimberlitos do tipo 1 que, além de manto sublitosférico metassomatisado, poderia ser gerado por fontes do manto inferior, zona de transição e crosta oceânica reciclada no manto inferior (Ringwood *et al.* 1992, Tainton & Mackenzie 1994, Nowell *et al.* 2004, Patton *et al.* 2007 e Tappe *et al.* 2013).

A assinatura isotópica do manto na APIP tem sido inferida a partir de determinações nas diversas variedades de rochas vulcânicas e plutônicas que a constituem (Toyoda *et al.* 1994, Gibson *et al.* 1995, Araujo *et al.* 2001, Bizzi & Araujo 2005) ou, mais raramente, diretamente em xenólitos do manto (Carlson *et al.* 2007).

Existem dados publicados para os principais sistemas de isótopos radiogênicos nas rochas da APIP. As razões iniciais $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ variam em geral 0,705 e 0,706, com ampla superposição entre os diferentes tipos de rocha. Os valores de $\epsilon\text{Nd}(t)$ são sempre negativos (-3.4 a -8.9), e tendem a ser menos radiogênicos (mais negativos) nas rochas kamafugíticas (lavas e corpos intrusivos) se comparadas aos kimberlitos, que em geral têm valores entre -5 e -6. Como consequência, as idades-modelo Sm-Nd (manto empobrecido) dos kimberlitos são um pouco mais baixas (830-910 Ma) que as dos kamafugitos (1000-1120 Ma). A assinatura isotópica de Pb também distingue os kimberlitos, que tendem a apresentar maiores razões iniciais $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ (>18) se comparados às demais rochas alcalinas (17-18); os carbonatitos apresentam valores intermediários entre os dois grupos (Bizzi and Araujo 2005). A assinatura Re-Os distingue claramente os kimberlitos, com valores de γOs negativos (0 a -8) dos kamafugitos, com valores em geral positivos (-1 a +15) (Araujo *et al.* 2001).

Os dados isotópicos têm permitido identificar que os magmas parentais da APIP derivaram diretamente do manto litosférico enriquecido ou interagiram extensivamente com este manto (e.g., Araujo *et al.* 2001, Bizzi and Araujo 2005). A similaridade com a assinatura isotópica dos basaltos adjacentes da Província Magmática Paraná-Etendeka (PMPE), formados cerca de 45 Ma antes (a ~130-135 Ma), é evidência de que uma fonte mantélica comum, que se moveu juntamente com a Placa Sul-Americana ou, menos provavelmente, estava disponível para servir como fonte por distâncias muito grandes (Bizzi and Araujo 2005). Os isótopos de Os são também consistentes com a derivação predominantemente litosférica para as rochas da APIP (Carlson *et al.* 1996).

As diferenças observadas entre as assinaturas de kimberlitos e kamafugitos da APIP são compatíveis com o envolvimento de mais de uma fonte mantélica que, para (Bizzi & Araujo 2005), corresponderiam a (1) manto peridotítico litosférico enriquecido, que domina a assinatura de elementos traço das rochas, e (2) manto mais profundo, que seria a fonte dos kimberlitos. A assinatura enriquecida é compatível com fontes do tipo EM1; os valores de $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ e $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$, quando plotados contra $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$, são notavelmente enriquecidos com relação à tendência do hemisfério norte (NHRL), o que caracteriza a anomalia Dupal (Hart 1984). A dispersão para razões

Pb/Pb mais elevadas que EM1 pode ser atribuída a um componente HIMU (manto com alto U/Pb) (Bizzi & Araujo 2005).

A anomalia Dupal tem sido comumente associada à influência da pluma de Tristan da Cunha; no entanto, a associação desta assinatura com o manto litosférico local implica que a anomalia Dupal não tem origem única no manto astenosférico, e pode também estar associada a fontes rasas (Peate *et al.* 1999) ou, alternativamente, que o manto litosférico local preservou assinatura vinculada à passagem prévia da pluma de Tristan da Cunha na região durante a geração dos basaltos da PMPE; (e.g., Toyoda *et al.* 1994, Turner *et al.* 1994). Outro indício desta teoria é a anomalia de ondas P e S, por tomografia sísmica, com forma cilíndrica compreendendo a região da borda NE da Bacia do Paraná e a região do Alto Paranaíba, identificada por Vandecar (1995). Foi proposto que o conduto permaneceu anômalo por um longo período de tempo sendo a fonte de calor que produziu magmatismo no Alto Paranaíba. Entretanto, estudos mais recentes indicam que a anomalia pode ser relacionada a composição do manto na região (Liu *et al.* 2003 e Rocha *et al.* 2011).

Gibson *et al.* 1995 e Thompson *et al.* 1998 observaram regionalmente a diminuição das idades de intrusão de corpos de NW para SE, com 90 Ma na província kamafugítica de Rio Verde-Iporá (PAG), 85-80 Ma na APIP e 60 Ma na província da Serra do Mar. A progressão da idade nesse modelo é também suportada por idades U/Pb em perovskita em kamafugitos de Rio Verde-Iporá e em kamafugitos do Alto Paranaíba (Sgarbi *et al.* 2004). Com base neste possível *trend* de idades, Gibson *et al.* (1995) e Thompson *et al.* (1998), propuseram modelo de reconstituição do movimento das placas associando o magmatismo da APIP à Pluma de Trindade/Martin Vaz. No entanto, a descoberta de rochas kimberlíticas na APIP (e.g. 95 Ma para o kimberlito Três Ranchos 4 por U/Pb em perovskita; Guarino *et al.* 2013) mais antigas que 90 Ma, identificados por Sgarbi *et al.* (2004) como a idade máxima dos kamafugitos da PAG, contraria esta hipótese.

Read *et al.* (2004) sugeriram que o magmatismo kimberlítico foi anterior (89-120 Ma) ao magmatismo kamafugítico (75-85 Ma) na região, a partir de informações de geocronologia disponibilizadas por empresas de prospecção que atuaram na APIP, e de geotermobarometria (pelo geotermômetro e geobarômetro de Nimis & Taylor 2000) de macrocristais de clinopiroxênio (em fácies granada): de kimberlitos, e de kamafugitos, com registro de geotermas mais quentes para os kamafugitos (superior a 40mW/m²) do que nos kimberlitos (menor que 40mW/m²). Deste modo, estes autores defendem que o

manto litosférico foi delaminado entre o intervalo de magmatismo kimberlítico e kamafugítico, gerando estes gradientes geotérmicos mais altos ao longo do tempo.

A fusão parcial do manto litosférico metassomatisado explicaria a ampla variação de tipos litológicos na província do Alto Paranaíba, com magmas kimberlíticos gerados a partir de peridotitos a profundidades de 150 quilômetros e magmas kamafugíticos gerados de uma fonte a profundidades da ordem de 100 km (Guarino *et al.* 2013).

Felgate (2014) e Guarino *et al.* (2013) contestaram o modelo de aquecimento pela Pluma de Trindade/Martins Vaz pelo fato de que a distância entre os corpos kamafugíticos e kimberlíticos de mesma idade (90Ma) entre a PAG e APIP excedem 500 km em diâmetro, que representaria o tamanho da cabeça da pluma. De acordo com Felgate (2014) uma pluma deste tamanho provocaria o magmatismo em uma faixa com maior abrangência que a configuração atual das intrusões.

Embora as características isotópicas das rochas da APIP tenham em alguns sistemas isotópicos (Sr, Nd e Pb) indícios da associação com fonte em comum às rochas das ilhas oceânicas Trindade, Martin Vaz (para isótopos de Sr e Nd) e Tristão da Cunha (para isótopos de Pb), dados de isótopos de Os sugerem fontes distintas destas rochas para a APIP (Carlson *et al.* 2007). Argumento análogo a este é utilizado por Rocha-Júnior *et al.* (2012), que compara a assinatura isotópica Re-Os da ilha de Tristão da Cunha com os derrames basálticos da Bacia do Paraná, e descarta a possibilidade do magmatismo basáltico da Bacia do Paraná estar relacionado à Pluma Tristão da Cunha.

Felgate (2014) defende que teria ocorrido de fusão parcial de um manto litosférico metassomatisado através de decompressão adiabática. Esse processo estaria ligado à uma possível distensão pós-abertura do Oceano Atlântico, gerando um mecanismo de perturbação que provocou fusão parcial em baixa porcentagem. Tal mecanismo seria capaz de explicar a localização das outras rochas alcalinas do Alto Paranaíba ao longo do alinhamento 125° (zona de fraqueza reativada durante o Cretáceo).

3. Corpos estudados

Na Província Alcalina do Alto Paranaíba, a maioria das rochas potássicas são kamafugitos (Araujo *et al.* 2001), porém vários diatremas de kimberlitos têm sido reconhecidas e caracterizadas na literatura (Guarino *et al.* 2013 e Felgate 2014). Segundo Svisero *et al.* (1984) as diatremas têm tamanhos que variam entre 50 e 400 m e

aparecem comumente alteradas e cobertas por solo de cor amarelo-avermelhado. Raramente aparecem rochas frescas, exceto em alguns casos como, por exemplo, nas intrusões Limeira, Indaiá, Facão e Forca. A classificação petrológica destas intrusões será discutida nos próximos itens.

Os Kimberlito Indaiá 1, Limeira 1 e Forca são intrusivos em xistos e granitos intercalados que ocorrem na região situada entre Monte Carmelo e Abadia dos Dourados, sendo o solo de alteração branco a cinza claro nos granitóides e rosa claro nas áreas de mica xistos (Figura 1 e 2). Estão localizados cerca de 60-70 km a oeste dos limites cratônicos definidos em Alkmim & Martins-Neto (2001) e Leonardos & Meyer (1991). O Lamproíto Facão localiza-se a leste deste limite, encaixado nos arenitos da Formação Areado, muito próximo aos afloramentos do Grupo Mata da Corda.

A intrusão Indaiá 1 tem 250 m de diâmetro e fica 20 m a SW de uma intrusão menor denominada Indaiá 2. O corpo é intrusivo em granitóides cataclasados da Suíte Monte Carmelo (Seer *et al.* 2010), intrusivos na Faixa de Dobramentos Brasília (Barbosa *et al.* 1970). O mapeamento geológico detalhado com o uso de magnetometria terrestre e gamaespectrometria indicou que o kimberlito possui formato piriforme e diâmetro principal de 220 m na direção N-S (Svisero & Haralyi 1984).

O corpo Limeira I é um diatrema, localizado a 26 km a norte da cidade de Monte Carmelo (MG), que corta os granitos cataclasados da Suíte Monte Carmelo, apresenta formato piriforme, com diâmetro de 200 m na direção NW-SE (Meyer *et al.* 1991). O corpo intrusivo tem solo argiloso avermelhado, o que destaca bem o contato com as rochas graníticas que apresentam um solo de alteração de cor cinza claro. Já a intrusão Limeira 2 é, segundo Meyer *et al.* (1991), uma rocha alcalina de granulação fina. Situa-se cerca de 100 m a norte, de Limeira 1, também com formato piriforme, e tem diâmetro de 90 m na direção N-S, apresenta-se como uma elevação de aproximadamente 5 m, coberta por blocos de cerca de 30 cm, semi-alterados (Svisero & Ulbrich 1992). Segundo Meyer *et al.* (1991), o corpo Limeira 3, é uma brecha de composição semelhante à intrusão Limeira 2.

O corpo Forca ocorre em uma ravina encaixado em micaxistos do Grupo Araxá. A forma dos corpos é incerta devido à alta densidade da vegetação. As amostras foram coletadas pelo Prof. Darcy Svisero a cerca de 10 anos atrás; atualmente o afloramento é praticamente inexistente devido ao alto grau de intemperismo. Intrusões próximas como o kimberlito Forca têm granadas em abundância e alguns megacristais.

Em especial na região próxima das cabeceiras dos rios Santo Inácio, Santo Antônio do Bonito, Dourados e Douradinho (Figura 2) são comuns nos corpos a presença de granada piropo em abundância - Read *et al.* 2004), além de megacristais de ilmenita, diopsídio superiores a 2 cm. Além disto, diamantes de mais de 100 ct foram relatados diversas vezes nos rios supracitados (Svisero *et al.* 1995), sugerindo que a presença e a frequência de megacristais de ilmenita, clinopiroxênio e granada pode ser um indício de diamantes grandes.

O corpo Facão ocorre encaixado em sedimentos do Grupo Areado, próximo aos derrames da Grupo Mata da Corda. Blocos de rocha frescos foram encontrados no interior da fazenda Facão, pouco destacados no relevo e escondidos pela vegetação. Ocorrem afloramentos em corte da estrada de terra adjacente à fazenda, porém com alto grau de alteração.

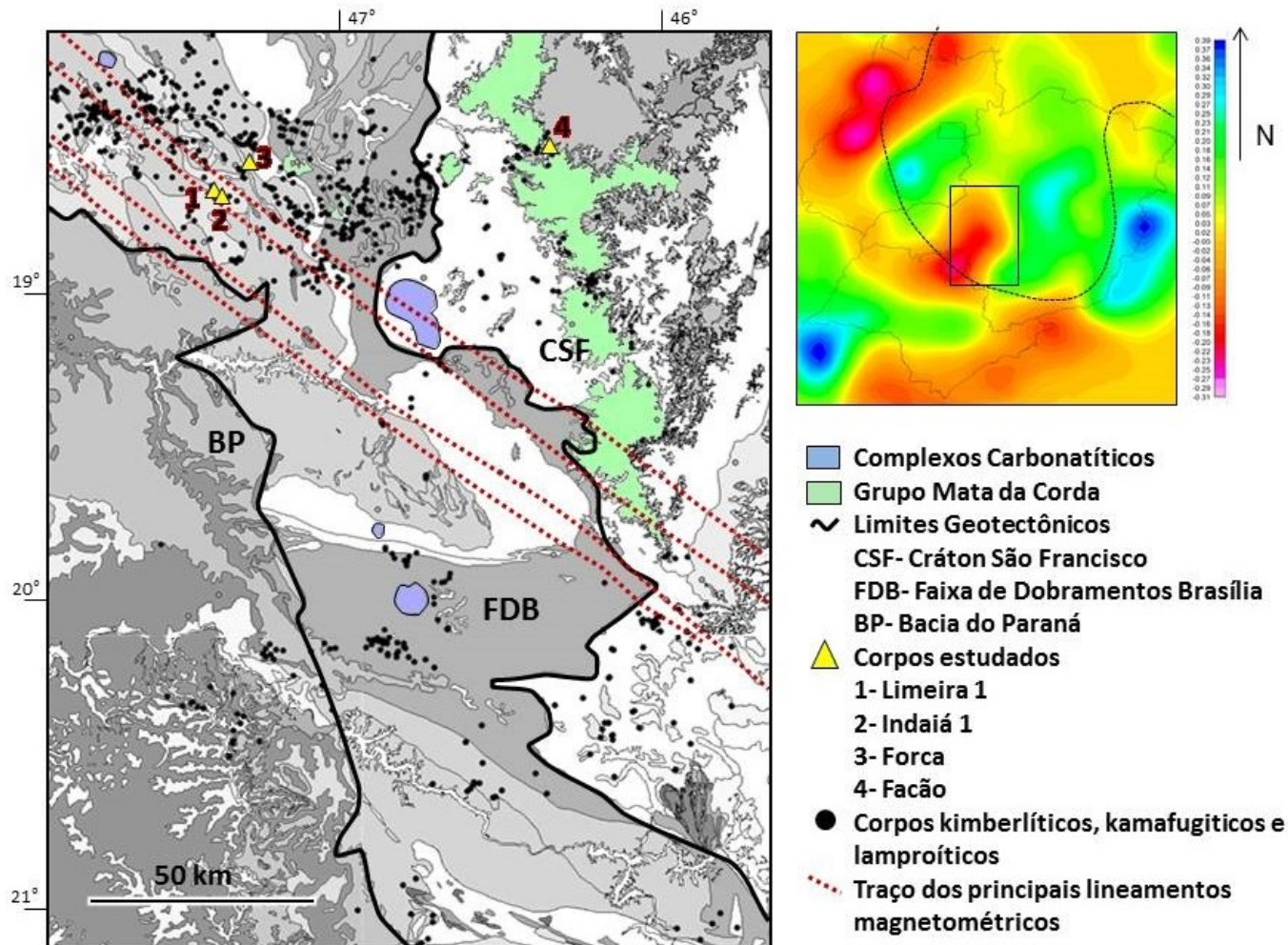


Figura 1- Mapa geológico do banco de dados de folhas 1:1.000.000 da CPRM (<http://geowebapp.cprm.gov.br/ViewerWEB/>), com destaque para a compartimentação das unidades geotectônicas, a localização de kimberlitos, kamafugitos, lamproitos e complexos carbonatíticos. A figura no canto direito superior representa os dados de tomografia sísmica de ondas P para uma profundidade de 133 km (Rocha 2008) com destaque para o contorno do limite da Placa Sanfranciscana inferido por gravimetria (anomalia Bouguer). A área do mapa principal está destacada de modo a mostrar que a mesma está em um domínio de anomalia negativa de propagação de ondas P, ao contrário do restante da área do Cráton São Francisco, que tem anomalias positivas.

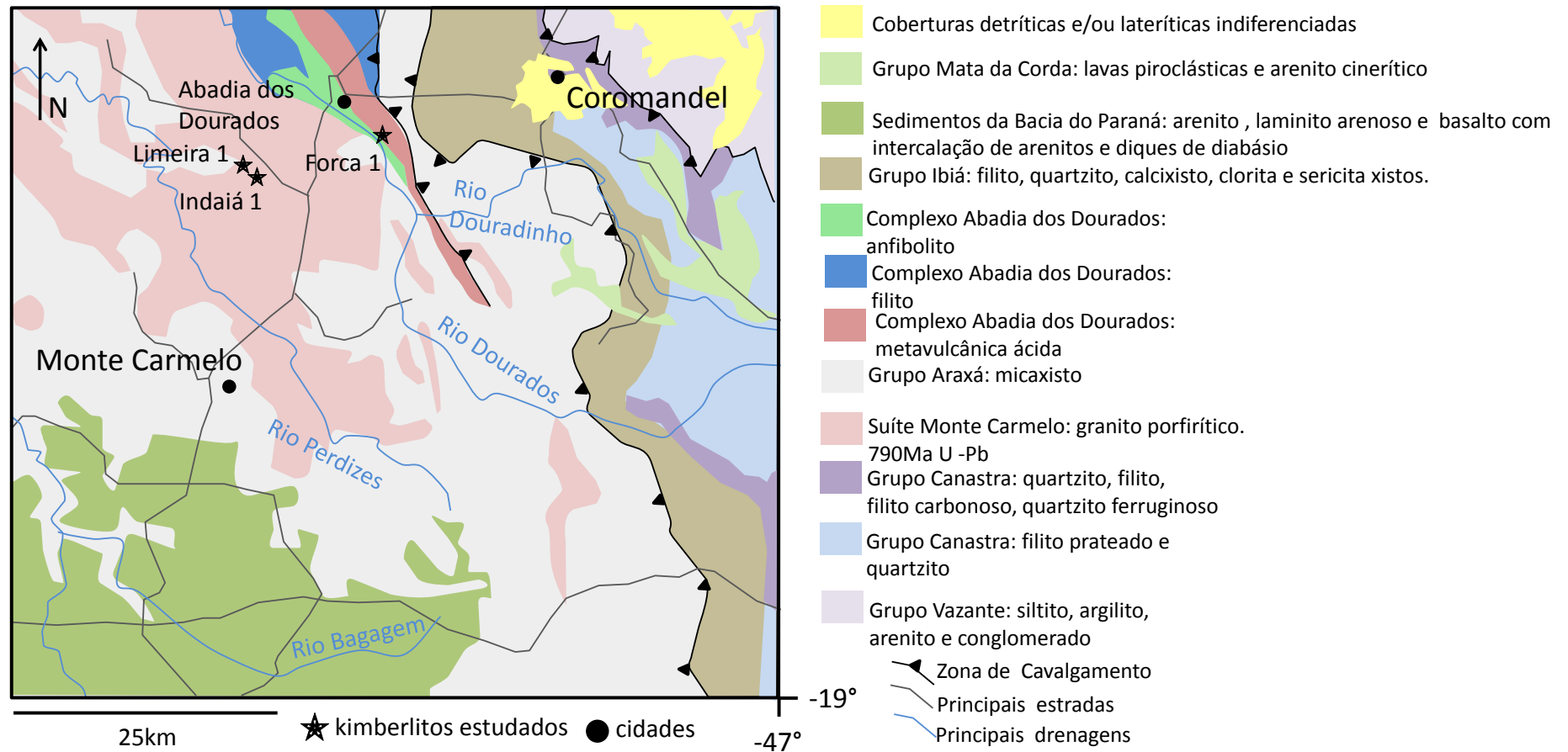


Figura 2- Contexto geológico dos kimberlitos Indaiá 1, Limeira 1 e Forca 1 (Mapa Geológico Estadual de Minas Gerais, 2014- CPRM – disponível no site: http://geobank.sa.cprm.gov.br/pls/publico/geobank.download.downloadlayouts?p_webmap=N).

Capítulo IV- Petrografia e classificação das amostras

Segundo Araujo *et al.* (2001), cerca de 85% das rochas máficas da APIP são kamafugitos, entre mafuritos (com kalsilita) e uganditos (com leucita) e apenas 15% foram classificados como kimberlitos em estudo com cerca de 50 corpos, não sendo neste estudo identificados lamproítos. Gibson *et al.* (1995) por meio de análises químicas em rocha total identificou algumas intrusões lamproíticas. Byron (1999) também identificou lamproítos na APIP. Ulbrich & Leonardos (1991) argumentaram que alguns corpos da Província Ígnea do Alto Paranaíba tem composição que projetam em campos composicionais de kamafugitos, ou no limite kamafugitos-lamproíto, no entanto a ausência de kalsilita e de melilita em algumas destas amostras, e a presença de minerais como wadeíta, K-richterita e priderita se faz um critério mais confiável de modo a classificar algumas rochas como lamproíto. Wadeíta e K-richterita foram encontrados em autólito da intrusão Facão, como mostra a Figura 3.

Segundo Meyer *et al.* (1991), a maioria das intrusões na região do Alto Paranaíba, incluindo carbonatitos, contém associações de minerais e assinaturas isotópicas semelhantes, mas elas diferem em características petrográficas. Felgate (2014) registra similaridades entre kamafugitos e kimberlitos da região do Alto Paranaíba e algumas diferenças entre os dois tipos. Os conteúdos de K, Rb, Cs e Ti são substancialmente maiores nos kamafugitos que nos kimberlitos, sugerindo que estes derivaram de fusão de uma fonte contendo uma maior proporção de flogopita. Gibson *et al.* (1995) observa que os kamafugitos têm alta concentração de Al e Ca comparados com os kimberlitos, indicando também uma maior contribuição de diopsídio na fonte mantélica. Já para os kimberlitos, o mais alto conteúdo de Mg está relacionado à composição do magma derivado de 1% de fusão parcial de uma fonte peridotítica carbonatada a cerca 5-6 GPa (Dalton e Presnall 1998).

A geoquímica de rocha total é utilizada para discriminar kimberlitos do tipo I, que são diferenciados de orangeítos, lamproítos e kamafugitos pela baixa porcentagem em peso de SiO₂ (em média abaixo de 32%), como mostra a Tabela 4. Já os lamproítos são as rochas que apresentam maior porcentagem em peso de SiO₂ (em média acima de 40%). Depois dos kimberlitos do tipo I, os orangeítos são as rochas que tem maior porcentagem em peso de MgO (em torno de 20%), de modo a ser um parâmetro

importante para se diferenciar de kamafugitos e lamproítos. Kamafugitos apresentam em média as porcentagens em peso mais altas de CaO, embora alguns lamproítos tenham alta porcentagem em peso de CaO (e.g. 13,21%; Tabela 4). A classificação de rochas segundo somente a geoquímica de rocha total se mostra insuficiente quando os valores de SiO₂ situam-se entre 38 e 42%, sendo fundamental a identificação dos minerais presentes e suas composições.

Composições das rochas das intrusões estudadas são apresentadas na Tabela 4. As intrusões Indaiá 1, Limeira 1 (dados de Melluso *et al.* 2008) e Forca 1 (Nishijima 2013) enquadram-se geoquimicamente como kimberlitos do tipo 1, com baixo SiO₂, Al₂O₃ e alto MgO (% em peso), apesar de Indaiá 1 e Limeira 1 apresentarem uma quantidade maior de CaO (% em peso). Já as intrusões Indaiá 2 e Facão (Guarino *et al.* 2013) tem composições comuns a lamproítos e kamafugitos, com SiO₂, TiO₂, Al₂O₃ e K₂O em maior quantidade que nas demais intrusões. Algumas características mineralógicas permitem distinguir melhor os tipos litológicos das intrusões Indaiá 2 e Facão.

Tabela 4- Composição em peso dos óxidos (%) das rochas vulcânicas abordadas neste trabalho comparadas com composições de porcentagens em peso de óxidos representativas em kimberlitos, orangeítos, lamproítos e kamafugitos de trabalhos da bibliografia.

	Indaiá 1	Indaiá 2	Limeira 1	Forca	Facão	Kimberlitos sulafricanos	Orangeítos sulafricanos	Lamproítos australianos e da Antartida	Kamafugitos chineses
Fonte	este trabalho	este trabalho	Meluso <i>et al.</i> (2008)	Nishijima (2013)	Guarino <i>et al.</i> (2013)	Mitchell (1986)	Mitchell & Bergman (1991)	Jaques <i>et al.</i> (1986), Murphy <i>et al.</i> (2002)	Guo <i>et al.</i> (2014)
SiO ₂	28,04	38,83	27,9	31,03	38,4	30,42-32,53	36,12-38,9	42,84-51,16	38,8-39,9
TiO ₂	2,68	3,40	2,0	2,01	3,7	1,38-2,95	1,45-1,67	1,04-7,53	3,27-4,26
Al ₂ O ₃	1,65	5,91	2,2	1,48	4,9	2,12-3,09	3,97-4,38	5,45-17,5	7,71-9,64
Fe ₂ O ₃	11,69	10,93	11,6	10,42	12,3	8,88-11,36	8,57-9,48	7,78-12,06	11,0-12,5
MnO	0,21	0,19	0,2	0,18	0,2	0,15-0,18	0,15-0,22	0,09-0,18	0,14-0,17
MgO	28,56	15,07	27,8	29,56	20,4	25,14-31,35	19,92-22,82	5,29-11,24	8,91-16,8
CaO	13,15	13,95	12,5	9,40	9,7	7,59-9,72	7,06-8,33	3,98-13,21	12,8-13,3
Na ₂ O	----	1,21	0,2	0,26	0,4	0,05-0,08	0,28-0,29	0,46-2,8	1,79-3,44
K ₂ O	0,81	2,71	1,4	1,10	1,2	1,63-2,15	4,68-5,04	0,02-7,37	1,05-3,31
P ₂ O ₅	3,00	1,90	2,4	1,34	0,5	0,54-1,17	1,34-1,46	0,26-2,02	1,12-1,45
P.F.	8,89	3,85	10,4	11,78	5,4	12,09-12,56	9,97-11,39	-----	3,11-4,87
Total	98,69	97,95	98,8	99,8	97,0	98,60-98,91	98,24-99,56	100,83	99,6-99,7

P.F.-perda ao fogo.

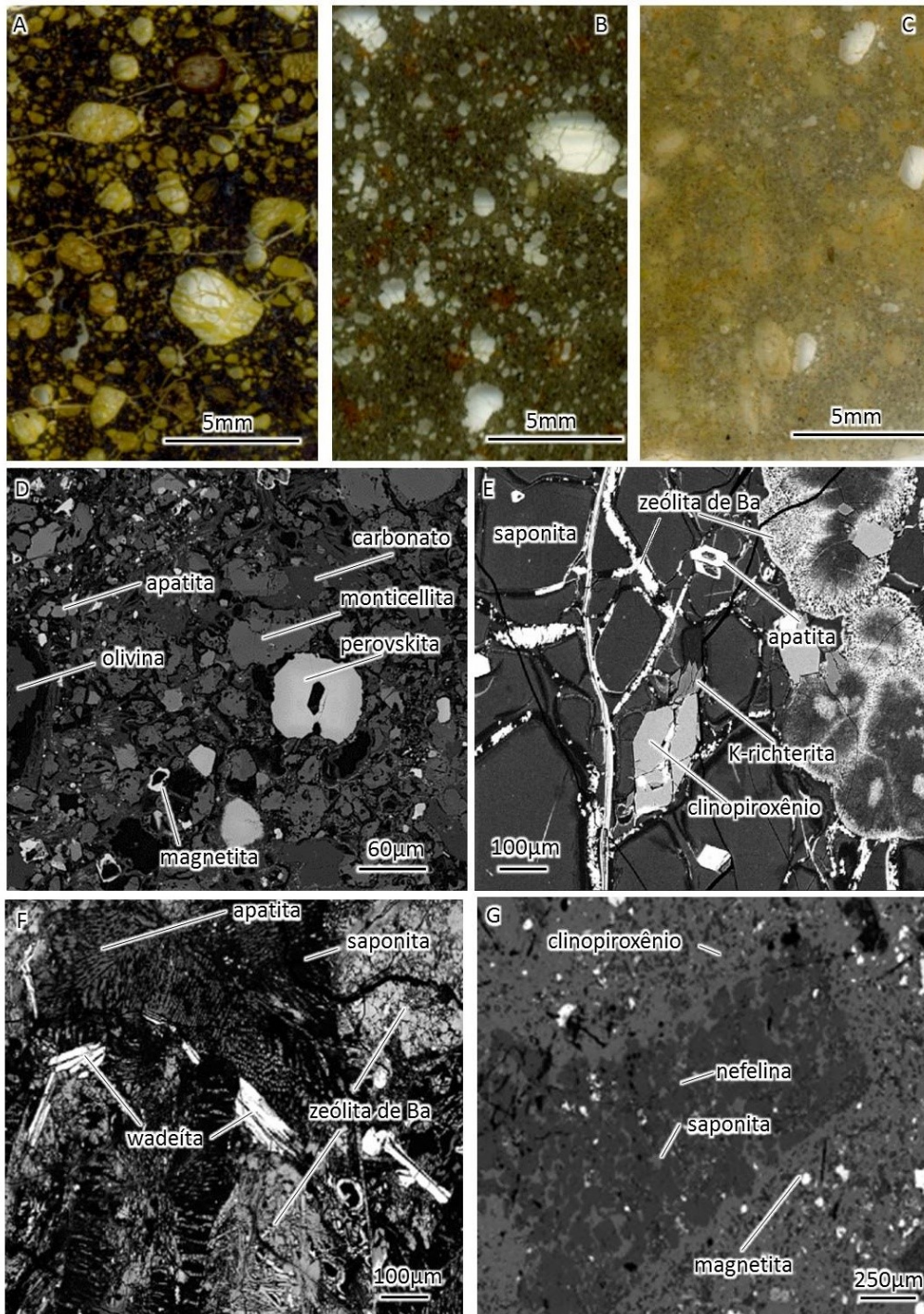


Figura 3- Fotos representativas das amostras analisadas e imagens de MEV mostrando a textura e mineralogia das rochas vulcânicas estudadas. A- Fotomicrografia do kimberlito Forca 1, mostrando venulações de carbonato, e pseudomorfs de granada arredondada; B- Fotomicrografia do corpo Facão, com destaque para os abundantes macrocristais de olivina; C- Fotomicrografia do corpo Indaiá 2, com coloração amarelada e proporção menor de olivina; imagens de MEV: D- imagem de MEV da matriz do kimberlito Indaiá 1 e seus principais minerais da matriz; E- autólito devitrificado da intrusão Facão; F- textura de desequilíbrio em autólito da intrusão Facão; G- xenólito de nefelinito em matriz do corpo Indaiá 2.

Análises de microsonda foram realizadas em minerais da matriz e macrocristais dos corpos estudados. A composição dos principais minerais, e sua fórmula estrutural estão no ANEXO C. Um breve resumo dos principais parâmetros de química mineral é apresentado na Figura 4 para auxiliar na classificação destas rochas no próximo item.

As intrusões Indaiá 1, Limeira 1 e Forca 1 tem características químicas dos minerais da matriz que permitem denomina-los de kimberlito segundo Tappe *et al.* (2005), cristais do grupo do espinélio seguindo o “trend do ulvoespinélio magnesiano”, predominância de ilmenita magnesiana, olivina com mg# superior a 0,92 e macrocristais de flogopita com baixo TiO₂ e alto Al₂O₃ corroboram a classificação de kimberlitos para estas intrusões (Figura 4). Já as intrusões Facão e Indaiá 2 apresentam minerais do grupo do espinélio com trend da titanomagnetita no campo de lamproítos, orangeítos e lamprófiros, a composição da flogopita projetada em campos kamafugíticos em trend de lamproíto (Figura 4). No entanto a ilmenita somente esta presente no corpo Facão, com composição não kimberlítica (Figura 4), este mineral não ocorre em kamafugitos.

A partir destes parâmetros químicos conclui-se que as intrusões Indaiá 1, Limeira 1 e Forca 1 apresentam minerais com composição compatível com kimberlitos do tipo I, com mica com composição transicional entre kimberlitos e orangeítos (Figura 4A). Já nos corpos Facão e Indaiá 2 exibem características transicionais entre lamproítos e kamafugitos nos minerais analisados.

1. Petrografia, mineralogia e classificação das rochas magmáticas estudadas

O **Kimberlito Indaiá 1** apresenta em sua composição uma matriz muito fina com perovskita, magnetita, barita, serpentina, carbonato, apatita e monticellita. Há grande quantidade de macrocristais, sendo olivina, ilmenita e flogopita os principais em ordem de abundância, conferindo textura inequigranular à rocha (Silva 2008 e Meyer & Svisero 1991). Frequentemente com perovskita nas bordas, a ilmenita ocorre geralmente na forma de macrocristais anédricos de contornos arredondados.

Clastos de carbonato, na forma de cristais individuais ou agregados, de cor cinza claro a branco de até 5 cm, ocorrem frequentemente apresentando halo esverdeado no contato com a rocha kimberlítica. Ocorrem também nódulos esverdeados de até 10 cm, de formato variado (tabular anguloso, ameboide com reentrâncias, ou subcircular) com textura inequigranular, dada pela matriz fina composta por serpentina e clorita fina,

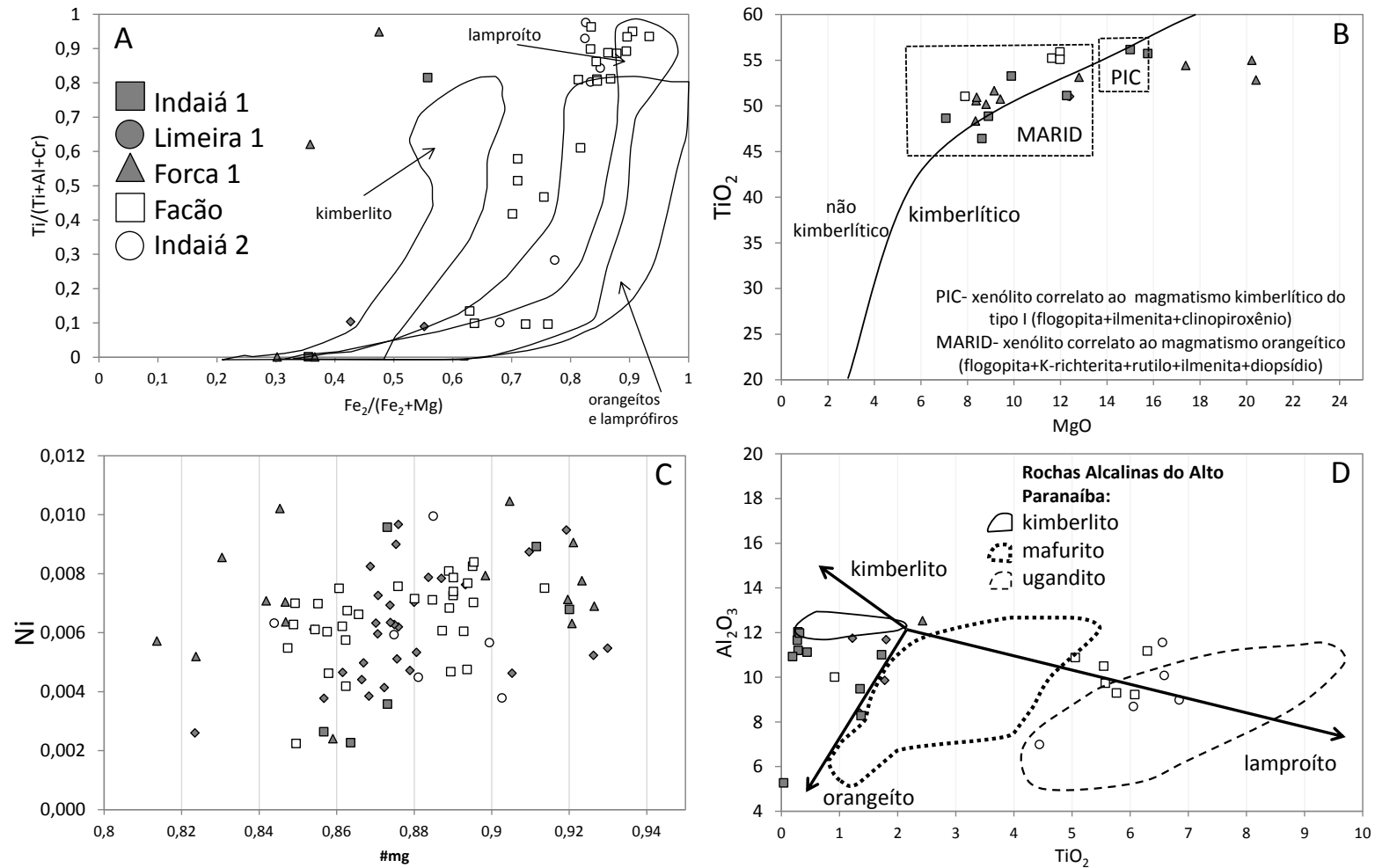


Figura 4- Composição de minerais das intrusões Indaiá 1, Limeira 1, Forca 1, Facão e Indaiá 2. A- Fe_2/Fe_2+Mg vs. $Ti/(Ti+Al+Cr)$ em minerais do grupo do espinélio com os campos discriminates de Mitchel (1995); B- MgO vs. TiO_2 em ilmenita com os campos discriminantes de Wyatt *et al.* (2004) e Gregoire *et al.* (2002); C- $mg\#$ vs. Ni (apfu) em olivina; D- TiO_2 vs. Al_2O_3 em flogopita com trends discriminates de Mitchell (1995) e campos definidos para as rochas da APIP (Araujo *et al.* 2001).

macrocristais de olivina (de até 20 mm) e clastos de carbonato arredondados (de até 30 mm).

Xenólitos graníticos são comuns, e apresentam halo de alteração amarelado no contato com o kimberlito.

Xenólitos peridotíticos ocorrem em grande número, com tamanhos que variam de 0,5 a 10 cm de diâmetro. Em ordem decrescente de abundância ocorrem harzburgitos, lherzolitos e dunitos, podendo conter minerais produzidos por metassomatismo (i.e., flogopita, clinopiroxênio secundário, ilmenita, cromita e pargasita) ou não. Ocorrem ainda flogopititos, xenólito polimítico e de piroxenito. Megacristais de olivina são frequentes.

Análises de química mineral e de rocha total do Kimberlito Indaiá 1 foram feitas por Meyer & Svisero (1991), Gibson *et al.* (1995) e Guarino *et al.* (2013). Estes trabalhos classificaram a rocha como um kimberlito do tipo I, o que está de acordo com as informações de química de rocha total e de química mineral obtidos no presente trabalho.

O **Kimberlito Limeira 1** é uma rocha muito semelhante ao Kimberlito Indaiá 1. Também exibe textura inequigranular fina apresentando serpentina, carbonato, apatita, monticellita, perovskita, magnetita e barita, com abundantes macrocristais de olivina e ilmenita. Clastos contendo material esverdeado e pequenos fragmentos de carbonato também são frequentes, assim como xenólitos graníticos. Os xenólitos mantélicos também são peridotíticos, porém entre as amostras estudadas predominam os dunitos e harzburgitos metassomatizados (com flogopita, clinopiroxênio secundário, cromita, ilmenita e titanatos raros). Foi encontrado um xenólito de piroxenito, porém com alto grau de alteração.

Meyer & Svisero (1991), Gibson *et al.* (1995), Guarino *et al.* (2013) e Almeida *et al.* (2014) classificaram a rocha como um kimberlito do tipo I, corroborando com as informações de química de rocha total e de química mineral obtidos no presente trabalho.

O **Kimberlito Forca** apresenta coloração cinza esverdeada e textura inequigranular dada pela matriz fina, e apresenta macrocristais de olivina e ilmenita, como nas intrusões Limeira 1 e Indaiá 1. Porém, as intensas venulações de carbonato e a presença de macrocristais de granada de até 0,5 cm e ortopiroxênio com borda kelifítica indicam uma diferença petrográfica importante. Foram encontrados: um xenólito crustal de rocha metabásica, xenólitos peridotíticos como espinélio lherzolito e de dunito com

flogopita, e um megacristal de clinopiroxênio. A matriz desta rocha é composta principalmente por carbonato, apatita, perovskita e magnetita. Os macrocristais de ilmenita, de até 0,5 cm e formas anédricas arredondadas, mostram reação com o magma, representada por espessas bordas de perovskita. Nas intrusões Limeira 1 e Indaiá 1 bordas de perovskita também são comuns, mas a sua espessura é bem menor que no caso da intrusão Forca. Não foi observada monticellita, porém ocorre mica rica em Ba na matriz, característica de kimberlitos (Figura 3).

A **Intrusão Facão** apresenta foliação de fluxo magmático visível, com textura inequigranular, dada pela presença de macrocristais abundantes de olivina em meio a uma matriz composta por clinopiroxênio fino idiomórfico, Ti-flogopita alaranjada poiquilitica, perovskita, serpentina, zeólita de Ba (harmotoma) e material esverdeado com baixa birrefringência (Figura 3). As análises químicas representadas por dados de análise WDS são apresentados no ANEXO C. Macrocristais de cromita com borda de Ti-magnetita ocorrem com frequência; macrocristais de ilmenita são mais raros, e têm borda de perovskita.

Ocorrem alguns nódulos de formato subarredondado a arredondado (de até 1,2 cm) compostos por material fino devitrificado (saponita), apresentando pequenos cristais esparsos e idiomórficos de até 250 μm de clinopiroxênio e K-richterita isolados no centro do nódulo e diversos cristais espiculares na borda. Associadas à saponita ocorrem fraturas concêntricas, com aspecto perlítico, contendo harmotoma. Ocorrem outros nódulos com aspecto similar, mas com mais harmotoma apresentando zircão, baddeleyita e wadeíta ($\text{K}_2\text{ZrSi}_3\text{O}_9$). Tais nódulos foram considerados neste trabalho como autólitos, por apresentarem matriz muito fina com microcristais de clinopiroxênio e K-richterita, além de fraturas concêntricas semelhante a rocha afanítica vulcânica máfica ultrapotássica.

O autólito da amostra Fac-1 tem forma irregular, com borda arredondada pela reação com o magma. Esta reação aparentemente gerou cristais aciculares de clinopiroxênio nas bordas do autólito, bem como alguns cristais de K-richterita. No centro do autólito, dentro da massa de saponita ocorrem poucos cristais euédricos de clinopiroxênio e K-richterita. Ocorrem também fraturas concêntricas onde aparece zeólita branca de bário (harmotoma).

A amostra Fac-4 é composta por saponita, harmotoma e apatita; apresenta forma arredondada pela reação com o magma, formando espículas de clinopiroxênio ao redor do fragmento. Ocorrem nesta amostra zircão com cerca de 0,2 mm associado a

wadeíta (mineral característico de lamproítos; Mitchell & Bergman 1991) e pirita intercrescida com calcopirita, com cerca de 0,5 mm.

A identificação dos minerais dos autólitos foi auxiliada pela química mineral, apresentada no Anexo C. A amostra Fac-6 apresenta grande quantidade de clinopiroxênio anédrico corroído em meio à matriz composta por harmotoma, apatita, saponita (com clinopiroxênio e K-richterita finos e idiomórficos); o clinopiroxênio é manteado por Ti-flogopita poiquilítica com inclusões de apatita e perovskita.

Guarino *et al.* (2013) classificam o corpo Facão como kamafugito por ter composição química de rocha total compatível com este tipo litológico. No entanto a presença de minerais como ilmenita, encontrada em macrocristais e em inclusões em olivina; além de wadeíta e K-richterita, identificada em autólitos sugere que estas rochas sejam transicionais entre lamproítos e kamafugitos. Para efeitos de classificação, o critério mineralógico se faz mais confiável já que o critério químico segundo os critérios de Tappe *et al.* (2005), portanto é classificado neste trabalho como lamproíto.

Ocorrem xenólitos de peridotitos duníticos e wehrlíticos, com textura cumulática, e clinopiroxenito com infiltração de minerais da matriz do lamproíto. A olivina apresenta composições muito próximas entre macrocristais e xenólitos, onde $mg\# = 0,85-0,90$, indicando juntamente com as texturas cumuláticas em algumas amostras, que as olivinas provém do próprio magma. Além disso, o valor de $mg\#$ na olivina não chega aos valores mais altos ($mg\# = 0,90-0,95$), registrados em alguns xenólitos dos kimberlitos estudados, como será apresentado no Capítulo X- Química Mineral.

A **Intrusão Indaiá 2** apresenta rocha de coloração cinza escuro, com textura fanerítica muito fina inequigranular. Sua matriz é composta por clinopiroxênio, Ti-magnetita, flogopita rica em Ti, zeólita e sulfetos, com macrocristais de olivina. Cristais milimétricos de cromita ocorrem em meio à matriz, apresentando zoneamento para Ti-magnetita.

Ocorrem xenólitos angulosos de até 1,5 mm de nefelinito com nefelina euédrica abundante com clinopiroxênio e saponita intersticiais (amostra In2-1). A nefelina ocorre apenas no xenólito, e não na matriz do magma hospedeiro. São descritos xenólitos com estas características em textura *schlieren* por Meyer *et al.* (1991).

Xenólitos “graníticos” transportados pelo magma ocorrem muito alterados, sendo muito difícil a identificação da sua composição original. Somente são observados cristais alterados de feldspato potássico. O restante da mineralogia do xenólito é

composto por minerais de alteração e minerais do magma hospedeiro infiltrados, como clinopiroxênio, K-richterita, flogopita e magnetita. Ocorre material de alteração intersticial semelhante ao descrito na intrusão Facão (saponita), com fraturas concêntricas preenchidas por zeólita, apatita, barita e magnetita. A borda do xenólito é rica em Ti-flogopita poiquilítica, com inclusões de clinopiroxênio e Ti-magnetita, provavelmente resultante da mobilização de K a partir do K-feldspato do granito para a porção ao seu redor.

A menor quantidade de olivina em relação às demais intrusões estudadas, a química mineral compatível com kamafugitos, e a ausência de minerais tais como wadeíta, K-richterita e ilmenita faz com que esta rocha seja descartada da classificação de lamproítos. Portanto este trabalho vai de acordo com a classificação de Gibson *et al.* (1995) e Meyer *et al.* (1991) e classifica esta rocha como kamafugito.

1.1. Nódulos esverdeados com carbonato, agregados e megacristais de carbonato em kimberlitos

Ocorrem nódulos de coloração verde a bege com formas variadas, de angulosas a arredondadas, com diversos cristais de carbonato de tamanhos e formatos variados (0,1 a 2 mm, anguloso, amebóide ou esférico), com macrocristais de olivina parcialmente ou totalmente substituída por serpentina em matriz composta por carbonato, clinopiroxênio, clorita, apatita, monticellita, perovskita, magnetita e sulfetos. O óxido mais abundante é a perovskita, que ocorre dispersa na matriz, ao redor de pseudomorfos de olivina, ou em cristais de até 1 mm com textura poiquilítica, intercrescida com flogopita.

Grande parte dos clastos de carbonato, brancos no kimberlito Indaiá 1 e róseos no kimberlito Limeira 1, apresentam borda de reação com o kimberlito. Estas bordas possuem textura, mineralogia e cor muito semelhante aos nódulos de coloração verde descritos acima. Em uma primeira aproximação, estes nódulos foram interpretados como autólitos (Nannini 2011), porém as características texturais e grau de alteração das amostras sugere que estes materiais foram resultado de intensa reação com o magma kimberlítico.

1.2. Piroxenitos

Foram reconhecidas 3 amostras de piroxenito, uma no corpo Facão e 2 no corpo Limeira 1.

A amostra Fac-5, com cerca de 2 cm de diâmetro, apresenta cristais de clinopiroxênio de 0,5 a 2 mm, com forma subidiomórfica e alguns cristais de ilmenita isolados entre eles. Em meio aos cristais de clinopiroxênio ocorrem bolsões de flogopita, associada a clorita com agregados de perovskita em forma de gota. Ainda ocorre harmotoma intersticial entre os cristais de clinopiroxênio. A textura indica que a formação da flogopita e da perovskita é devida a reação com o magma, pois as características ópticas da flogopita (forte pleocroísmo, que varia de laranja claro a avermelhado) são muito semelhantes às observadas na matriz do lamproíto Facão.

Os piroxenitos do corpo Limeira 1 são arredondados, apresentando reação com o magma nas bordas e entre os cristais subidiomórficos de clinopiroxênio (augita), com a formação de carbonato, monticellita e magnetita. Os clinopiroxênios são melhor identificados na amostra Lm1-14b, que se apresenta menos alterada. Na amostra Lm1-40 o grau de alteração deixa a rocha com coloração mais amarronzada; nas bordas ocorrem apatita e barita como produtos de reação com o magma.

1.3. Dunitos cumuláticos

Dunitos cumuláticos ocorrem no lamproíto Facão, com forma circular ou tabular. As olivinas nestas amostras são idiomórficas, com tamanhos de 0,3 a 2,5 mm. A amostra Fac-2 contém olivinas maiores (até 5 mm) subidiomórficas com *kink-bands* em contato com cristais de olivina idiomórfica. Na amostra Fac-8, os cristais de olivina têm até 1 mm, e contato marcado pela presença de clorita verde escuro. Há maior quantidade de material secundário intersticial entre os cristais de olivina euédricos desta amostra. O mesmo ocorre para a amostra Fac-7, porém com clinopiroxênio e clorita intersticial em meio aos cristais de olivina, que ocorre com tamanhos mais diversificados (0,1 a 2 mm). Nos cristais de olivina ocorrem inclusões de ilmenita idiomórfica subarredondada (50-100 μm), por vezes com lamelas de cromita.

1.4. Macrocristais e Megacristais

No presente trabalho foram observados diversos macrocristais e megacristais de olivina, flogopita, ilmenita e piroxênios. Os megacristais variam de 1 a 5 cm, e apresentam formas variadas, desde idiomórficas a xenomórficas. São representados por: clinopiroxênio na amostra Fo-3, olivina nas amostras In1-18, In1-20, Lm1-41, e um cristal de contornos arredondados de flogopita com inclusões de ilmenita na amostra In1-36.

1.5. Granitóides e outras rochas crustais

Rochas crustais ocorrem nas intrusões Limeira 1 (amostra Lm1-27), Indaiá 2 (In2/1), Indaiá 1 (In1-20d), Facão e Forca. Apresentam-se extremamente alterados, com borda de reação intensa e gradual com cerca de 0,5 cm em todas as amostras. Os minerais constituintes ocorrem com aspecto fosco. Os xenólitos graníticos ocorrem extremamente alterados com poucos cristais apresentando a mineralogia original, representados por biotita, feldspato potássico, plagioclásio, quartzo e zircão que somam menos de 20% do volume nos nódulos graníticos estudados. As substituições minerais e os materiais de alteração são amplamente controlados pela composição dos magmas hospedeiros, sendo carbonato, clorita, serpentina, clinopiroxênio e apatita os minerais predominantes nos xenólitos “graníticos” carregados por kimberlito (Indaiá 1).

Na intrusão Forca, um xenólito esférico marrom avermelhado, extremamente alterado (amostra Fo-4) corresponde a um granito, tendo como minerais residuais feldspato potássico, plagioclásio, anfibólio, biotita, ilmenita e titanita, além de clorita e material de alteração avermelhado.

2. Os xenólitos mantélicos

A intrusões Indaiá 1, Limeira 1 e Forca têm xenólitos mantélicos com composição, mineralogia, textura e química mineral variadas. A proporção de olivina, ortopiroxênio e clinopiroxênio nos xenólitos estudados está representada na Figura 5, onde é observado que as amostras têm composição predominantemente harzburgítica e

dunítica. As amostras dos xenólitos do kimberlito Forca apresentam maior teor de clinopiroxênio.

A variedade textural e mineralógica dos xenólitos estudados, ilustrada nas Figuras 5 e 6, apresenta características comuns que permitem agrupá-los em três grupos notadamente distintos:

- a) Peridotitos portadores de espinélio- lherzolitos e harzburgitos com textura protogranular, harzburgitos e dunitos com textura transicional a granoblástica com espinélio escuro podendo conter anfibólio idiomórfico a subidiomórfico.
- b) Peridotitos com flogopita (ou clinopiroxênio secundário)- dunitos e harzburgitos com textura protogranular com quantidades variadas de flogopita e clinopiroxênio na forma de bolsões intersticiais comumente associados a cromita, ilmenita e/ou titanatos, wehrlito polimítico com ilmenita e zircão, harzburgito protogranular com bolsão de clinopiroxênio. Ocorrem também flogopititos, que provavelmente provêm de porções maiores de natureza similar aos bolsões supracitados.
- c) Peridotitos sem espinélio- dunitos com textura protogranular e harzburgitos e dunitos com textura mosaico porfiroclática.

Em relação ao número total de xenólitos mantélicos por intrusão, a proporção de xenólitos de peridotitos com espinélio é de 51% para a intrusão Indaiá 1, 36% para Limeira 1, e 60% para Forca. Já para os xenólitos com flogopita ou clinopiroxênio secundário, as proporções são de 37% para Indaiá 1, 43% para Limeira 1 e 40% para Forca. Para dunitos e harzburgitos sem espinélio e sem minerais de origem metassomática esta proporção é de 10% para o Indaiá 1, 14% para o Limeira 1 e nenhuma amostra para o kimberlito Forca.

2.1. Lherzolitos e harzburgitos com espinélio vermelho

Representados pelas amostras Fo-2, Lm1-17, In1-4, In1-9 e In1-14a, os lherzolitos e harzburgitos com espinélio avermelhado ocorrem na forma de xenólitos arredondados ou de forma tabular, com dimensões variando de 0,5 a 9 cm.

A maioria das amostras apresenta textura protogranular dada por cristais anédricos maiores de olivina e ortopiroxênio, que variam de 1 a 4 mm (chegando a 10

em na amostra In1-9), exceto pela amostra Fo-2, que apresenta cristais menores (até 1 mm).

Apresentam espinélio anédrico, por vezes com textura vermicular, associado a cristais de clinopiroxênio ou ortopiroxênio. Por vezes ocorrem inclusões de pequenas placas de espinélio dentro do ortopiroxênio.

Algumas diferenças texturais são particulares de cada amostra. A amostra Fo-2 apresenta a granulação mais fina (textura granoblástica) e seu espinélio é o único que registrou heterogeneidade química, sendo mais rico em Fe nas bordas, fraturas e reentrâncias (ANEXO B). Este espinélio está em contato com kimberlito e tem borda composta por magnetita. A textura granoblástica indica passagem para ambiente com maior recristalização (Mercier & Nicolas 1975). As demais amostras apresentam textura tipicamente mais grossa (transicional, entre porfiroclástica e protogranular).

O espinélio da amostra Lm1-17 (Figura 6-A) é associado com ortopiroxênio e clinopiroxênio, de modo a formar uma estrutura esferoidal em meio aos cristais de olivina.

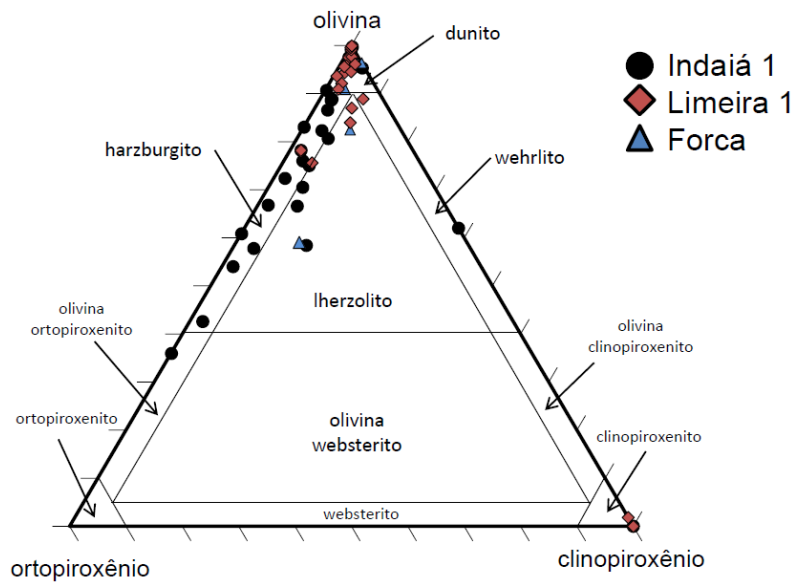


Figura 5 - Classificação mineralógica dos xenólitos de peridotito dos kimberlitos Indaiá 1, Limeira 1 e Forca baseada no diagrama de Streckeisen (1976).

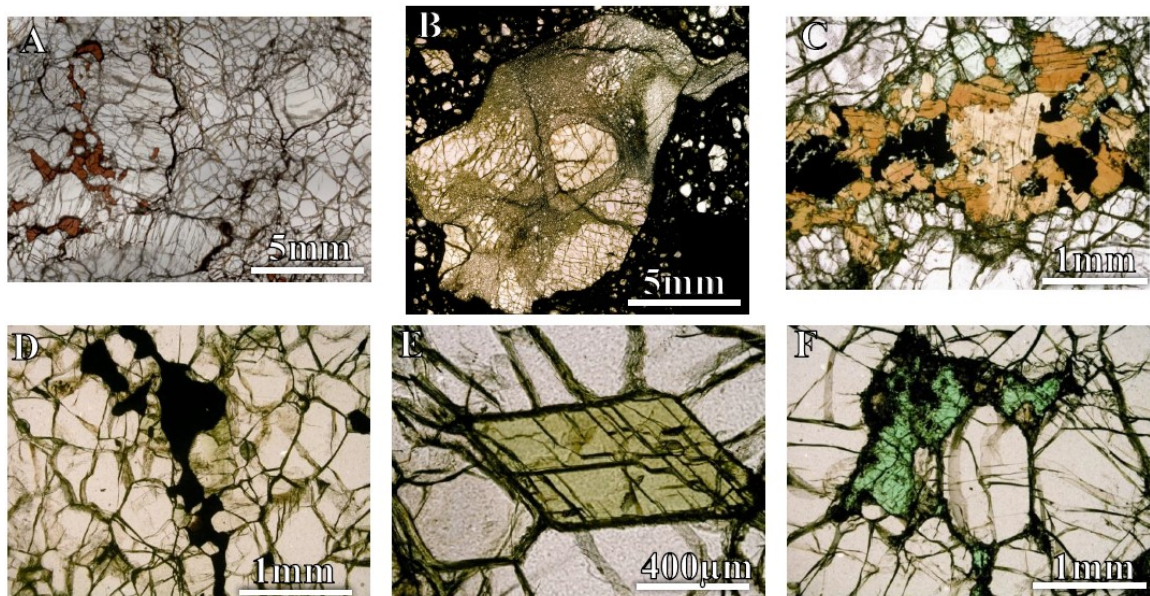


Figura 6- Imagens de microscópio óptico dos principais tipos de xenólitos mantélicos das intrusões Limeira I e Indaiá 1. A- lherzolito com espinelho vermelho intercrescido com ortopiroxênio e clinopiroxênio; B-harzburgito com textura mosaico porfiroclástica em meio a matriz kimberlítica; C- bolsão composto por flogopita, cromita e clinopiroxênio em harzburgito protogranular; D- Cr-espinélio escuro em textura *holy-leaf*, com cristais menores de clinopiroxênio associados em harzburgito com textura porfiroclástica; E- cristal euédrico de pargasita em contato com cristais de olivina em dunito granoblástico com Cr-espinélio; F- detalhe de bolsão em harzburgito protogranular contendo diopsídio com coloração verde intensa e pequenos cristais de flogopita associados.

2.2. Harzburgitos e dunitos com espinélio castanho-escuro

Os kimberlitos Indaiá 1 e Limeira 1 contêm harzburgitos e dunitos com Cr-espinélio (de coloração marrom-escuro) que apresentam textura predominantemente granoblástica, com Cr-espinélio idiomórfico ou formato de *holy-leaf*, representados pelas amostras Lm1-20, Lm1-30 e In1-3 (Figura 6-D).

Anfibólio de composição pargasítica pode ocorrer neste tipo de xenólito, com formato idiomórfico a subidiomórfico com cerca de 0,5 cm. Cromita harzburgito com pargasita e cromita dunito com pargasita ocorrem apenas na intrusão Indaiá 1, também contendo Cr-espinélio em textura *holy-leaf* ou idiomórfica. As amostras In1-20 e In1-24a (Figura 6-E) são dunitos com cromita e pargasita e as amostras In1-34 e In1-50 são harzburgitos com cromita, clinopiroxênio e pargasita.

2.3. Dunitos com textura protogranular

Xenólitos de dunitos com textura protogranular ocorrem na intrusão Limeira 1. São compostos por cristais de olivina de 1 a 3 mm com extinção ondulosa, e podem conter perovskita, monticellita e sulfetos (pirita e pentlandita) junto às fraturas e interstícios, juntamente com serpentina. Ocorrem nas amostras Lm1-14a e Lm1-29, sendo que na amostra Lm1-29 ocorre maior faturamento e a coloração do xenólito tem tom amarelo, mais intenso que a amostra Lm1-14a, provavelmente devido a maior interação com fluidos metassomáticos. As características e diferenças destas amostras voltarão a serem discutidas no Capítulo V. A amostra Lm1-14 apresenta pequenos cristais de cromita entre os cristais de olivina (vide Capítulo V), de modo que a ausência de clinopiroxênio e a baixa quantidade de ortopiroxênio indica um importante processo de fusão parcial nesta amostra. É dada atenção especial a presença da cromita nesta amostra, que não contém minerais secundários como clinopiroxênio e flogopita, pois isto indica que este mineral pode ser formado por fusão parcial.

2.4. Dunitos e harzburgito com textura porfiroclástica com mosaico

Xenólitos de dunitos e harzburgitos com textura porfiroclástica em mosaico foram identificados nas intrusões Indaiá 1 e Limeira 1. Estes xenólitos apresentam contornos que podem ser tabular subarredondado (Lm1-32), tabular anguloso (In1-25a), ou irregular com cúspides (In1-33/Figura 6-B). As amostras apresentam até 17% de

ortopiroxênio (>1 mm), olivina em cristais maiores (6 mm) com forma anedral, e outra geração de olivina muito pequena (~100 µm), com formato poligonal em algumas porções da rocha. A amostra In1-25a deve representar um estágio inicial de recristalização e as amostras Lm1-32 e In1-33, com maior quantidade de cristais em mosaico, seriam estágios mais avançados da deformação.

Um xenólito de harzburgito de granulação grossa (até 5 mm), rico em ortopiroxênio (39%) apresenta pequenos cristais de olivina recristalizada (100 µm) nas bordas dos cristais anédricos maiores (In1-1). Entre os cristais e associados às porções mais finas ocorre flogopita intersticial, sugerindo um processo inicial de metassomatismo, com geração de pequeno volume de mica resultante da maior percolação de fluidos ou magmas em porções de cristais de olivina em mosaico.

2.5. Harzburgito com bolsões de flogopita

Essas rochas são frequentes nos kimberlitos Limeira 1, Indaiá 1 e Forca. Podem apresentar textura protogranular dada pelos cristais abundantes anédricos de olivina e ortopiroxênio (1 a 6 mm) que por vezes apresentam *kink-bands* ou extinção ondulante (Mercier & Nicolas 1975). Algumas amostras, no entanto, apresentam textura transicional de protogranular para porfiroclástica, como Lm1-1, onde ocorrem cristais de olivina em mosaico com cerca de 120 µm nas bordas dos cristais anédricos de olivina e ortopiroxênio com tamanho variando de 1 a 2 mm. Na amostra Lm1-28 também há cristais de olivina em mosaico (100 µm), mas a maior parte é anédrica com 1 a 3 mm, podendo chegar a 10 mm.

Ocorrem ainda bolsões contendo flogopita, minerais opacos (cromita, ilmenita ou titanatos raros) e clinopiroxênio subordinado. As amostras Lm1-15, Lm1-26, Lm1-28, In1-2 (Figura 6-C), In1-20b e Fo-5 têm **cromita no centro destes bolsões**, podendo ser anedral, esquelética ou granular subarredondada, com 0,5 a 2 mm (e que na amostra Fo-5 chegam a 5 mm). Na amostra In1-2 ocorre ilmenita intercrescida com cromita, podendo ter bordas de magnetita. Ocorrem ainda titanatos raros (mathiasita e priderita) em alguns desses bolsões. Na amostra Lm1-1 titanato da série loverengita-mathiasita aparece **envolvendo cristal de cromita**. Já cristais de priderita ocorrem também em bolsões flogopíticos ou em macrocristais do kimberlito, apresentando núcleo de rutilo, como descrito em xenólito da mesma intrusão por Almeida *et al.* (2014).

2.6. Harzburgito com bolsões de diopsídio

Os peridotitos com bolsões de clinopiroxênio secundário são representados pelas amostras In1-12 (Figura 6-F), Lm1-22 e Lm1-36. Estas amostras apresentam desequilíbrio textural entre os minerais peridotíticos e textura protogranular (2 a 7 mm), com extinção *kink-bands*. Os cristais de olivina (1 a 10 mm) e ortopiroxênio (1 a 3 mm) são anedrais. Alguns cristais de ortopiroxênio são manteados por clinopiroxênio. Os cristais de clinopiroxênio secundários têm coloração verde-água intensa e disposição intersticial; ocorre cromita dentro dos bolsões de clinopiroxênio.

2.7. Flogopita ilmenita wehrlito

A amostra In1-6 é um flogopita-ilmenita wehrlito com diopsídio de coloração amarelada em seção delgada. Olivina e diopsídio têm tamanhos variados (olivina com 0,3 a 2 mm; clinopiroxênio com 1 a 4 mm). Ocorre textura de intercrescimento entre clinopiroxênio e ilmenita (1 a 3 mm), bem como entre olivina e ilmenita. Veios posteriores, com 2 mm de largura, com flogopita e ilmenita, também são observados. Junto a um cristal de ilmenita foi encontrado zircão de cerca de 1 mm, euédrico, parcialmente manteado por pequenos cristais de baddeleyita. Nesta amostra ainda há um bolsão com agregados de carbonato apresentando cristais euédricos de estroncianita identificados por EDS (38% de Sr, 10% de Ca e 1,3% de Ba em proporção atômica).

2.8. Flogopita ortopiroxenito e flogopitito

Estas rochas são pouco frequentes e de difícil reconhecimento nas amostras de mão, pois os minerais são escuros e finos, e a olho nú não são distinguíveis da matriz do kimberlito. Foram apenas identificadas no Kimberlito Indaiá 1 (In1-24b e In1-31). A característica em comum das amostras é a grande quantidade de flogopita e ilmenita (Nannini 2011). As amostras In1-24b e In1-31 correspondem respectivamente aos flogopitito e flogopita ortopiroxenito, e têm de forma esferoidal e tabular arredondadas, compostos por flogopita, ilmenita e ortopiroxênio. Nestas rochas pode ocorrer magnetita, perovskita e/ou schorlomita nas bordas dos cristais de ilmenita (Nannini 2011).

Capítulo V- Química Mineral de Elementos Maiores

Este capítulo apresenta as principais características químicas dos minerais dos xenólitos estudados, com análises representativas das amostras de peridotitos com espinélio, peridotitos sem espinélio e xenólitos com minerais secundários, além de discutir algumas implicações nas variações composicionais dentro das amostras e entre as amostras. As tabelas de análises completas de todos os xenólitos se encontram no ANEXO C desta tese, com os dados das amostras analisadas em Nannini (2011) marcadas em negrito. Os símbolos mg#, fe# e cr# correspondem respectivamente às razões de proporções por fórmula unitária $Mg/Mg+Fe_{total}$, Fe^2/Fe^2+Mg e $Cr/Cr+Al$.

1. Minerais do grupo do espinélio

Minerais do grupo do espinélio são presentes em quase todas as amostras estudadas apresentando uma grande variação composicional (Tabela 5) correspondendo a espinélio, Cr-espinélio, cromita e magnetita (da solução sólida magnetita-ulvoespinélio). As proporções catiônicas de Fe^{3+} foram calculadas segundo o procedimento de Carmichael (1967).

O espinélio vermelho dos lherzolitos e harzburgitos protogranulares tem altas proporções de Al (1,73-1,76 apfu) e Mg (0,769-0,778 apfu) (Tabela 5; Figura 7). O espinélio castanho-escuro de harzburgitos e dunitos com texturas granoblásticas tem Cr (0,460-0,755 apfu) e Fe^{2+} (0,299-0,346 apfu) maiores que em espinélios vermelhos ($Cr=0,172-0,0,212$ apfu; $Fe^{2+}=0,213-0,223$) e correspondem a Cr-espinélios ($Cr/(Cr+Al)>0,25$; Deer 1992). Os espinélios das amostras com anfibólio têm a mesma composição dos presentes nos demais harzburgitos e dunitos com textura granoblástica e também podem ser denominados de Cr-espinélio. Todos os peridotitos com espinélio e Cr-espinélio têm baixos valores de Fe^{3+} (0-0,131 apfu) e Ti (0-0,005 apfu) nos cristais de espinélio. Uma análise da borda de Cr-espinélio da amostra Lm1-20, no entanto, tem altos Fe^{2+} , Fe^{3+} e Ti (0,404-0,557; 1,269-1,382; 0,088-0,248 apfu) apresentando $Fe^{3+}+Fe^{2+}>1$ no sitio A e $Fe^{3+}>Fe^{2+}$ sendo classificada como magnetita (Deer *et al.* 1992), e deve ser produto de reação com o magma kimberlítico.

Xenólitos portadores de flogopita podem conter minerais nas quais a proporção $Cr/(Cr+Al)$ ultrapassa 0,5 podendo ser chamados de cromita (alto Cr# and Fe^{2+} ; Tabela

5; Deer *et al.* 1992), com quantidades moderadas de Ti e Fe^{3+} (0,017-0,178; 0,111-0,366). A amostra Lm1-15 destaca-se por apresentar o mais alto valor de Cr (1,368apfu) de todo o conjunto, importante característica para a geração de titanatos ricos em Cr em suas bordas. Cristais de magnetita também estão presentes em xenólitos com alta proporção modal de flogopita ou clinopiroxênio secundário. Este último está claramente relacionado a zonas de reação com o magma hospedeiro, ocorrendo por vezes em associação com perovskita. Além de $\text{Fe}^{3+} + \text{Fe}^{2+} > 1$ no sitio A e $\text{Fe}^{3+} > \text{Fe}^{2+}$ (característico de magnetita), os cristais de magnetita neste contexto textural têm altos teores de Ti (0,340-0,479 apfu) e Mg (0,509-0,512 apfu) em um *trend* de solução sólida com Mg-ulvoespínélio. Este *trend* é uma das feições mais características em espinélios para distinguir magmas kimberlíticos de magmas orangeíticos e lamproíticos (Mitchell *et al.* 1986), o que reforça a interação destas amostras com magma kimberlítico.

Magnetita e cromita também podem ser encontradas em dunitos protogranulares (Figura 7-E e F). A presença de cromita em xenólitos sem clinopiroxênio e sem minerais metassomáticos sugere que a rocha (Lm1-14) sofreu intensa fusão parcial, maior que nos peridotitos com Cr-espinélio descritos, e que não foi afetado por metassomatismo posterior. A presença de magnetita em fraturas nesta amostra sugere percolação tardia de material kimberlítico.

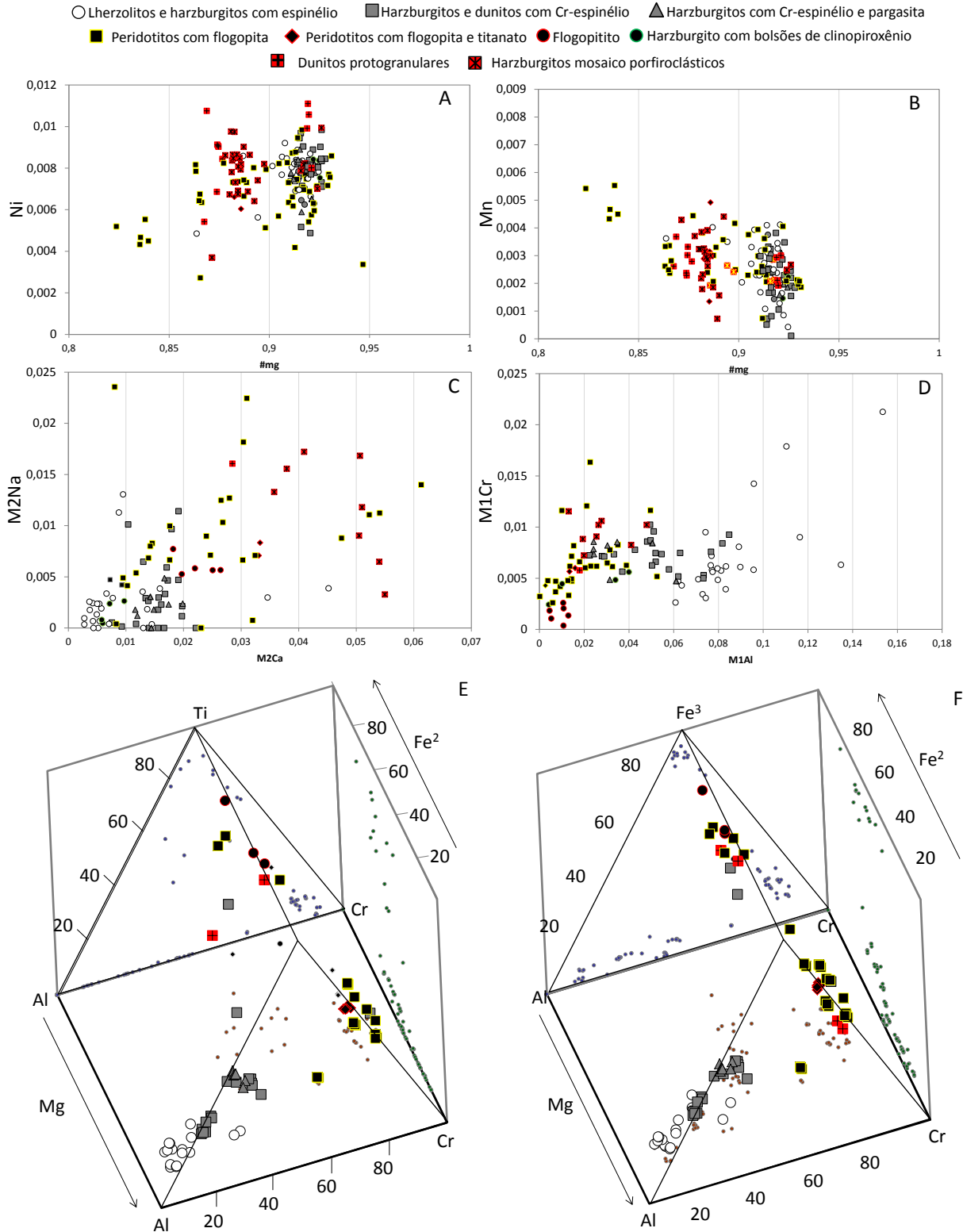


Figura 7- Diagramas de variação química ilustrando a composição de minerais de xenólitos do manto da APIP. A) mg # vs. Ni em olivina; B) mg # vs. Mn em olivina; C) Ca vs. Na no sítio octaédrico M2 em ortopiroxênio; D) Al vs. Cr no sítio octaédrico M1 em ortopiroxênio; E) composição de minerais do grupo do espinélio considerando as proporções atômicas de Ti, as projeções em planos auxiliares permitem a visualização das parcelas no espaço; F) composição de minerais do grupo do espinélio considerando proporções atômicas de Fe³⁺.

Tabela 5- Composições químicas representativas de espinélio, Cr-espinélio, cromita e magnetita dos xenólitos mantélicos

natureza	peridotitos com espinélio						xenólitos com minerais secundários					
	lherzolito com espinélio com textura protogranular	lherzolito com espinélio com textura protogranular	harzburgito com Cr-espinélio com textura granoblástica	harzburgito com Cr-espinélio com textura granoblástica	harzburgito com Cr-espinélio com textura granoblástica com pargasita	harzburgito com Cr-espinélio com textura granoblástica com pargasita	dunito protogranular	harzburgito com bolsão de flogopita com clinopiroxênio e cromita	harzburgito com bolsão de flogopita com cromita	harzburgito com bolsão de flogopita com clinopiroxênio, cromita e titanato associado	flogopita ilmenita wehrlito	flogopita ortopiroxenito
código da amostra	In1-4-2	Lm1-17-8	In1-3-2	Lm1-20a-12	In1-24a-3	In1-50-17	Lm1-14-4b	Lm1-15-7	In1-20b-2	Lm1-1-5	In1-6-1	In1-24b-1
SiO ₂	0,00	0,00	0,03	0,17	0,02	0,00	0,00	0,47	0,08	0,00	0,04	0,41
TiO ₂	0,01	0,02	0,09	0,07	0,19	0,13	2,90	0,54	1,31	4,84	18,04	12,75
Al ₂ O ₃	55,44	53,37	25,81	39,92	26,10	24,50	3,89	2,84	11,97	3,06	0,77	0,15
Cr ₂ O ₃	12,06	14,60	41,12	28,38	42,80	43,93	58,98	62,65	54,02	50,91	1,15	3,58
FeO	6,25	6,07	16,21	10,03	17,85	14,25	14,89	14,39	12,35	18,11	31,92	27,14
Fe ₂ O ₃	7,17	6,09	2,10	5,48	1,60	6,00	6,82	7,36	3,87	12,12	36,80	45,25
MnO	0,07	0,10	0,20	0,11	0,18	0,15	0,07	0,22	0,09	0,19	0,81	0,78
MgO	19,10	18,93	12,47	15,09	12,03	11,18	11,76	11,04	14,47	9,89	9,72	9,65
CaO	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,01	0,05	0,05	0,03	0,02	0,07	0,73
K ₂ O	0,00	0,00	n.a.	0,00	n.a.	0,00	0,04	0,32	n.a.	0,00	n.a.	n.a.
Na ₂ O	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,04	0,18	0,25	0,00	0,73	n.a.	n.a.
NiO	0,32	0,32	0,03	0,08	0,07	0,05	0,20	0,02	0,18	0,10	0,25	0,14
Total	100,42	99,50	98,06	99,40	100,84	100,25	99,77	100,16	98,38	99,97	99,56	100,58
Fórmula estrutural calculada com base em 4 oxigênios												
AAI	1,764	1,734	1,060	1,447	1,051	1,013	0,187	0,138	0,538	0,145	0,032	0,006
AFe ³	0,064	0,053	0,055	0,086	0,041	0,158	0,209	0,229	0,111	0,366	0,978	1,205
ACr	0,172	0,212	0,755	0,460	0,771	0,813	1,267	1,368	1,085	1,077	0,021	0,067
ATi	0,000	0,000	0,002	0,002	0,005	0,004	0,089	0,017	0,038	0,146	0,479	0,340
ASi	0,000	0,000	0,001	0,005	0,001	0,000	0,000	0,020	0,003	0,000	0,001	0,014
AFe ²	0,000	0,000	0,127	0,000	0,131	0,012	0,249	0,228	0,225	0,267	0,488	0,368
Atotal	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000
BFe ²	0,223	0,213	0,346	0,299	0,380	0,406	0,259	0,270	0,168	0,341	0,454	0,435
BMg	0,769	0,778	0,648	0,692	0,613	0,585	0,714	0,682	0,822	0,592	0,512	0,509
BMn	0,001	0,002	0,006	0,003	0,005	0,005	0,002	0,008	0,003	0,006	0,024	0,023
BK	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,017	0,000	0,000	0,000	0,000
BNa	0,000	0,000	0,000	0,003	0,000	0,003	0,014	0,020	0,000	0,057	0,000	0,000
BCa	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,002	0,002	0,001	0,001	0,003	0,028
BNi	0,007	0,007	0,001	0,002	0,002	0,002	0,007	0,001	0,006	0,003	0,007	0,004
Btotal	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Cr#	0,089	0,109	0,416	0,241	0,423	0,445	0,871	0,908	0,669	0,881	0,401	0,913
Fe2#	0,225	0,215	0,422	0,302	0,454	0,417	0,415	0,422	0,324	0,507	0,648	0,612
Mg#	0,84	0,85	0,58	0,73	0,55	0,58	0,58	0,58	0,68	0,49	0,35	0,39

2. Olivina

A olivina é o mineral mais abundante em praticamente todos os xenólitos (exceto flogopititos). As principais variações químicas estão nas razões mg# e nos conteúdos de Ni e Mn (apfu), como mostra a Tabela 6. O conjunto de xenólitos tem correlação positiva entre mg# e Ni e correlação inversa entre mg# e Mn, como ilustra a Figura 7 (A e B).

O mg# de olivinas varia no intervalo 0,90-0,93 em **peridotitos com espinélio ou Cr-espinélio**, sendo que as maiores razões se concentram em harzburgitos e dunitos com Cr-espinélio (0,92-0,93). O aumento no mg# da olivina, acompanhado aumento do cr# no espinélio nestes xenólitos, sustenta a hipótese de que eles correspondem a resíduos de fusão parcial.

Um intervalo maior é observado nas olivinas de **xenólitos com flogopita e clinopiroxênio secundário** (mg#=0,86-0,95), provavelmente refletindo a presença tanto de cristais residuais como de cristais secundários. Em xenólitos em que estão presentes minerais secundários como ilmenita ou titanatos, o mg# de olivinas é sempre baixo (0,86-0,89); nas amostras com flogopita nas quais esses minerais estão ausentes o mg# se estende ao longo de todo o intervalo (0,86-0,95). O menor mg# é observado em olivina de um wehrlito polimítico com flogopita e ilmenita (amostra In1-6; 0,83-0,84).

Em um **harzburgito protogranular com clinopiroxênio secundário** (amostra In1-12), o mg# da olivina é 0,90-0,92.

Em **dunitos e harzburgitos sem espinélio** o mg# da olivina varia no intervalo 0,87-0,93, que é a mesma ampla variação observada nas amostras de dunitos protogranulares (Lm1-14a e Lm1-29). A olivina da amostra Lm1-14a tem o maior mg# e a amostra Lm1-29, com padrão de fraturas mais forte e coloração amarelada tem mg# mais baixos. As amostras de dunitos e harzburgitos com textura mosaico-porfiroclástica têm duas modas de mg#, na qual a maioria dos cristais analisados (cristais muito finos em mosaico e porfiroclastos) tem mg# de 0,87-0,89 e centros de porfiroclastos têm mg# alto (0,92-0,93) preservado. Um harzburgito com textura mosaico-porfiroclástica com flogopita intersticial (In1-1) também apresenta o mesmo comportamento, com mg# maior (0,92) no centro dos cristais de olivina maiores enquanto na borda dos cristais maiores, nos cristais em mosaico e nas porções amareladas do xenólito o mg# é menor.

Considerando que as análises de megacristais e macrocristais de olivina, abordadas anteriormente no Capítulo IV (Figura 4 e no ANEXO C), que apresentam

distribuição ampla de mg# (0,82-0,92), e representam fragmentos dos xenólitos mantélicos, já que se espalham por intervalos ocupados por xenólitos de composição conhecida. A borda de alguns macrocristais de olivina é enriquecida em Fe, como mostram imagens obtidas por MEV (cf. ANEXO C). Nestes casos é possível que o magma kimberlítico tenha alterado a composição original. Na maioria dos xenólitos, microcristais e megacristais as alterações de borda em olivinas não são significativas, levando à conclusão de que nos kimberlitos estudados a grande maioria dos macrocristais e megacristais de olivina não foram gerados a partir do magma kimberlítico. Esta conclusão está de acordo com o trabalho de Arndt *et al.* (2010) que a partir de estudos de química mineral de aspectos texturais defende que em kimberlitos a maior parte dos macrocristais é de origem xenolítica. Deste modo, assim como a olivina, é esperado que boa parte dos macrocristais e megacristais de outros minerais (flogopita, clinopiroxênio, minerais do grupo do espinélio, ilmenita e titanatos) sejam provenientes de xenólitos mantélicos nos kimberlitos estudados.

Coefficientes de partição olivina/ortopiroxênio exibidos na Tabela 9, mostram que NiO é mais compatível em olivina que em ortopiroxênio (2-27); MnO tem concentrações que se equivalem nos dois minerais. No entanto Al₂O₃, CaO, Na₂O e TiO₂ são amplamente predominantes em ortopiroxênio, com coeficientes muito inferiores a 1 (0,001-0,20). Isto ocorre, pois o sítio octaédrico M1 da olivina, onde poderiam ser hospedados estes elementos, hospeda relativamente mais Mg, Fe, Ni e Mn que preenchem quase que totalmente este sítio. Apesar das diferenças estruturais destes dois minerais, o parâmetro mg# tem valores similares em olivina e ortopiroxênio de uma mesma amostra, como será discutido no próximo item.

Tabela 6- Composições químicas representativas de olivina dos xenólitos mantélicos

natureza	peridotitos com espinélio						harzburgitos e dunitos sem espinélio					xenólitos com minerais secundários						
	lherzolito com espinélio com textura protogranular		harzburgito com Cr-espinélio com textura granoblástica		harzburgito com Cr-espinélio com textura granoblástica com pargasita		dunito protogranular	harzburgito porfiroclástico com mosaico	harzburgito porfiroclástico o com mosaico (crystal em mosaico)	harzburgito porfiroclástico o com mosaico (centro de porfiroclato)	harzburgito com bolsão de flogopita com clinopiroxênio e cromita	harzburgito com bolsão de flogopita com cromita	harzburgito com bolsões de cpx	harzburgito com bolsão de flogopita com clinopiroxênio, cromita e titanato associado	flogopita dunito com clinopiroxênio secundário	flogopita ilmenita wehrlito		
código da amostra	In1-4-2'	Lm1-17-11	In1-3-4	Lm1-20-14	In1-24a-5	In1-50-12	Lm1-14-2	In1-1-1*	In1-1-6	In1-33-11d	In1-33-11e	Lm1-15-18	In1-20b-5	In1-12-3	Lm1-1-1c	Lm1-22-2	Lm1-22-13	In1-6-4
SiO ₂	39,56	40,88	41,05	41,25	40,91	40,77	39,22	40,45	41,40	40,50	41,72	40,67	40,38	41,72	41,16	39,82	40,40	39,39
TiO ₂	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,02	0,01	0,04	0,01	0,08	0,00	0,00	0,04	0,05	0,00	0,00	0,02	0,00
Al ₂ O ₃	0,07	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,06	0,02	0,06	0,00	0,02	0,00	0,03	0,06	0,15	0,04
FeO	9,13	9,28	7,74	8,23	7,95	7,74	7,93	10,03	8,32	12,54	7,52	7,83	6,87	7,62	11,30	9,88	10,97	15,36
MnO	0,13	0,12	0,14	0,04	0,10	0,10	0,09	0,12	0,10	0,21	0,12	0,14	0,10	0,12	0,07	0,20	0,10	0,12
MgO	49,51	50,14	51,19	50,58	51,46	51,69	50,94	49,26	50,77	47,69	51,26	51,21	51,46	51,64	48,95	48,79	48,44	44,58
CaO	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,02	0,05	0,12	0,09	0,11	0,01	0,00	0,09	0,00	0,03	0,00	0,01	0,05
Na ₂ O	0,00	0,00	0,02	0,01	0,00	0,00	0,06	0,03	0,03	0,05	0,04	0,02	0,02	0,00	0,00	0,09	0,00	0,01
K ₂ O	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,02	0,00	0,03	0,00	0,04	0,00
Cr ₂ O ₃	0,01	0,00	0,03	0,00	0,00	0,02	0,04	0,10	0,15	0,03	0,00	0,08	0,05	0,05	0,00	0,00	0,07	0,00
NiO	0,39	0,41	0,46	0,37	0,41	0,42	0,54	0,42	0,41	0,19	0,36	0,30	0,39	0,37	0,41	0,26	0,38	0,27
Total	98,83	100,84	100,63	100,49	100,83	100,78	98,89	100,60	101,34	101,42	101,09	100,26	99,45	101,57	101,98	99,09	100,58	99,82
Fórmula estrutural calculada com base em 4 oxigênios																		
TSi	0,977	0,990	0,990	0,999	0,984	0,980	0,961	0,986	0,996	0,990	1,001	0,984	0,981	0,997	0,995	0,984	0,990	0,992
TFe ³	0,023	0,010	0,010	0,001	0,016	0,020	0,039	0,014	0,003	0,010	0,000	0,016	0,019	0,003	0,005	0,016	0,010	0,008
TAI	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Ttotal	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,001	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
M1Fe ³	0,021	0,010	0,010	0,001	0,016	0,018	0,041	0,010	0,000	0,008	0,000	0,015	0,017	0,000	0,005	0,018	0,004	0,007
M1Al	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,002	0,000	0,001	0,000	0,001	0,002	0,004	0,001
M1Mg	1,822	1,811	1,841	1,826	1,846	1,853	1,860	1,791	1,820	1,738	1,835	1,847	1,864	1,840	1,764	1,797	1,769	1,674
M1Fe ²	0,144	0,169	0,137	0,164	0,129	0,118	0,082	0,181	0,164	0,238	0,151	0,127	0,104	0,149	0,218	0,169	0,210	0,308
M1K	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000	0,001	0,000	0,001	0,000
M1Ni	0,008	0,008	0,009	0,007	0,008	0,008	0,011	0,008	0,008	0,004	0,007	0,006	0,008	0,007	0,008	0,005	0,007	0,006
M1Cr	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,002	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,000	0,000	0,001	0,000
M1Mn	0,003	0,002	0,003	0,001	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,004	0,002	0,003	0,002	0,002	0,001	0,004	0,002	0,003
M1Ti	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,001	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000
M1Ca	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,002	0,001	0,002	0,000	0,001	0,000	0,001	0,002	0,004	0,001
M1Total	2,002	2,000	1,999	2,000	2,000	2,000	1,996	1,996	1,998	1,995	1,998	1,999	1,997	2,000	2,000	1,998	2,004	1,999
Mg#	0,906	0,906	0,922	0,916	0,920	0,922	0,920	0,897	0,916	0,871	0,924	0,921	0,930	0,924	0,885	0,898	0,887	0,838

3. Ortopiroxênio

O segundo mineral mais abundante nos xenólitos estudados é o ortopiroxênio. De acordo com a nomenclatura de Morimoto *et al.* (1988) corresponde a enstatita. A partir das análises de microsonda em ortopiroxênio, foi observado que além da razão mg#, também as proporções de Ca, Na, Al e Cr apresentam variações importantes (Figura 7-C e D).

O mg# de todos os ortopiroxênios analisados é alto, e varia no mesmo intervalo da olivina (0,90 a 0,93) em peridotitos com espinélio ou Cr-espinélio. Para os xenólitos com fases secundárias a distribuição ampla dos valores de mg# (0,88-0,94) das análises observada nas olivinas é similar para o ortopiroxênio, provavelmente refletindo a presença de cristais residuais e de origem secundária. O menor valor de mg# é observado em ortopiroxênio de flogopititos (mg#= 0,86-0,87).

Em um harzburgito com clinopiroxênio secundário (amostra In1-12) o ortopiroxênio tem mg#= 0,93.

Em dunitos e harzburgitos sem espinélio o mg# varia de 0,89 a 0,93. Nos dunitos e harzburgitos protogranulares e nos dunitos e harzburgitos com textura mosaico-porfiroclástica, amostras com coloração amarelada, ou porções dentro de uma mesma amostra com porções mais amareladas assim como para o mg# da olivina, o mg# do ortopiroxênio é mais baixo (0,89-0,90). Nos harzburgitos e dunitos com textura mosaico-porfiroclástica as porções em mosaico e as zonas adjacentes são susceptíveis a maior percolação de fluidos, e o ortopiroxênio ali presente tem mg# mais baixo (0,89-0,91), enquanto os núcleos de ortopiroxênio têm mg# mais alto (0,92-0,93).

Ca e Na, que ocupam em ortopiroxênio o sítio octaédrico M2, somam menos de 0,06 apfu, para todas as amostras. Algumas variações podem simplesmente refletir imprecisões analíticas, já que estes valores estão próximos ao limite de detecção. Os menores conteúdos destes elementos estão em ortopiroxênio de peridotitos com espinélio e Cr-espinélio (Na<0,05, Ca<0,01 apfu), enquanto que um harzburgito com textura mosaico-porfiroclástica (In1-33) tem o mais alto Ca (0,03-0,05 apfu) e Na (0,003-0,017 apfu) (Figura 7).

No sítio octaédrico M1, Al e Cr apresentam uma correlação positiva para todas as amostras. A quantidade de Al no ortopiroxênio discrimina dois grupos de xenólitos: os peridotitos com espinélio e Cr-espinélio (Al> 0,02 apfu), e xenólitos com minerais secundários (Al< 0,04 apfu). O Cr varia de 0,003 a 0,010 apfu em peridotitos com

espinélio ou Cr-espinélio. Algumas análises com Cr mais alto devem refletir as finas inclusões deste mineral em ortopiroxênio nestas amostras. O menor Cr ocorre em ortopiroxênio de flogopitito (In1-24b) e em harzburgito com clinopiroxênio secundário (In1-12). Em outros xenólitos, o Cr em ortopiroxênio varia de 0,001 a 0,016 apfu, sendo que o mais alto Cr é observado em harzburgitos com textura mosaico-porfiroclática (Tabela 7; Figura 7).

No sítio tetraédrico (T), Si varia de 1,9 a 2,0 apfu para todo o conjunto de amostras, apresentando muito pouco Al e Fe³⁺ neste sítio. A única exceção é um ortopiroxênio de xenólito da intrusão Forca (TSi= 1,74 apfu); estes cristais ocorrem em contato com o kimberlito, e têm uma composição claramente secundária (Tabela 7).

A olivina e o ortopiroxênio dos xenólitos estudados tem variação na razão mg# provavelmente causadas por processos distintos. Um deles é o processo de fusão parcial, resultando em alto mg# em olivina e ortopiroxênio em harzburgitos e dunitos com Cr-espinélio, dunitos porfiroclásticos com traços de cromita (In1-14), além de núcleos de porfiroclastos de dunitos e harzburgitos porfiroclásticos. Xenólitos com minerais secundários registram baixo Al em ortopiroxênio de todas as amostras, além de preservarem mg# alto em amostras com baixa proporção relativa de flogopita (In1-20b) e clinopiroxênio (In1-12). No entanto, amostras contendo ilmenita, ou com maior proporção de clinopiroxênio e flogopita tem olivina e ortopiroxênio com as menores razões de mg# caracterizando o metassomatismo críptico em olivina e ortopiroxênio.

Outro processo provável é a reação do magma/fluidos kimberlítico(s) com os minerais preexistentes baixando o mg#. A percolação de material kimberlítico pode ser observada em fraturas e interstícios de diversos xenólitos, com precipitação de minerais kimberlíticos como serpentina, magnetita, perovskita e monticellita. No entanto as evidências de reação com o magma kimberlítico são na maior parte das vezes inexpressivas na olivina. A ausência de ortopiroxênio na matriz dos kimberlitos estudados indica que este mineral seja mais reativo com o magma kimberlítico que a olivina. O trabalho de Russel *et al.* (2012) aponta que uma reação provável para a geração de CO₂ nos magmas kimberlíticos seja carbonato+ortopiroxênio=clinopiroxênio+CO₂, também além de discutir que assumindo que a grande maioria dos kimberlitos não exhibe macrocristais de ortopiroxênio.

Tabela 7- Composições químicas representativas de ortopiroxênio dos xenólitos mantélicos

natureza	peridotitos com espinélio						harzburgitos e dunitos sem espinélio				xenólitos com minerais secundários				
	lherzolito com espinélio com textura protogranular	lherzolito com espinélio com textura protogranular	harzburgito com Cr-espinélio com textura granoblástica	harzburgito com Cr-espinélio com textura granoblástica	harzburgito com Cr-espinélio com textura granoblástica com pargasita	harzburgito com Cr-espinélio com textura granoblástica com pargasita	dunito protogranular	harzburgito porfiroclástico com mosaico (cristal em mosaico em porção amarelada)	harzburgito porfiroclástico com mosaico	harzburgito porfiroclástico com mosaico	harzburgito com bolsão de flogopita com clinopiroxênio e cromita	harzburgito com bolsão de flogopita com cromita	harzburgito com bolsões de clinopiroxênio	harzburgito com bolsão de flogopita com clinopiroxênio, cromita e titanato associado	flogopita ortopiroxenito
código da amostra	ln1-4-3'	Lm1-17-6	ln1-3-5	Lm1-20-8	ln1-24a-3	ln1-50-7	Lm1-14-4a	ln1-1-2*	ln1-1-8	ln1-33-1	Lm1-15-1	ln1-20b-3	ln1-12-1	Lm1-1-9a	ln1-24b-2
SiO ₂	54,34	54,98	56,93	56,33	57,67	56,26	57,32	56,79	57,82	56,12	57,98	57,48	57,88	56,46	57,68
TiO ₂	0,15	0,00	0,00	0,00	0,11	0,09	0,16	0,27	0,17	0,28	0,01	0,04	0,00	0,31	0,28
Al ₂ O ₃	4,02	4,46	1,87	2,36	1,64	1,61	0,45	1,22	1,24	1,19	0,32	1,46	0,11	0,33	0,28
FeO	6,75	5,77	4,98	5,69	5,11	5,68	4,74	6,49	4,74	7,03	4,84	4,13	4,78	6,78	9,06
MnO	0,14	0,09	0,14	0,05	0,13	0,14	0,17	0,15	0,11	0,10	0,16	0,08	0,14	0,11	0,23
MgO	33,86	34,22	36,15	34,78	35,61	35,71	36,18	33,87	35,54	33,37	36,27	35,54	37,43	34,39	33,26
CaO	0,26	0,45	0,32	0,35	0,46	0,39	0,78	1,47	0,66	1,36	0,40	0,48	0,27	0,89	0,72
Na ₂ O	0,20	0,00	0,01	0,10	0,07	0,00	0,24	0,17	0,14	0,13	0,13	0,10	0,04	0,11	0,09
K ₂ O	0,00	0,01	0,01	0,00	0,01	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,01
Cr ₂ O ₃	0,50	0,54	0,48	0,32	0,48	0,26	0,32	0,67	0,46	0,56	0,27	0,36	0,14	0,31	0,02
NiO	0,13	0,18	n.a.	0,01	n.a.	0,11	0,05	n.a.	n.a.	0,15	0,01	n.a.	n.a.	0,12	n.a.
Total	100,35	100,70	100,88	100,00	101,29	100,28	100,42	101,09	100,87	100,30	100,41	99,68	100,78	99,79	101,61
Fórmula estrutural calculada com base em 6 oxigênios															
TSi	1,866	1,878	1,931	1,934	1,954	1,923	1,951	1,946	1,966	1,942	1,974	1,971	1,956	1,955	1,980
TFe ³	0,087	0,040	0,042	0,028	0,005	0,073	0,049	0,026	0,000	0,035	0,026	0,000	0,044	0,045	0,019
TAl	0,046	0,082	0,027	0,038	0,041	0,004	0,000	0,028	0,034	0,022	0,000	0,029	0,000	0,000	0,001
TP	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
T total	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000
M1Al	0,116	0,098	0,048	0,058	0,024	0,061	0,018	0,021	0,015	0,026	0,013	0,030	0,004	0,013	0,011
M1Cr	0,009	0,010	0,009	0,006	0,009	0,005	0,006	0,012	0,008	0,010	0,005	0,006	0,002	0,006	0,000
M1Fe ³	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,025	0,000	0,000	0,000	0,009	0,000	0,036	0,008	0,000
M1Ti	0,004	0,000	0,000	0,000	0,003	0,002	0,004	0,007	0,004	0,007	0,000	0,001	0,000	0,008	0,007
M1Ni	0,004	0,005	0,000	0,000	0,000	0,003	0,001	0,000	0,000	0,004	0,000	0,000	0,000	0,003	0,000
M1Fe ²	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
M1Mg	0,867	0,888	0,943	0,936	0,964	0,929	0,946	0,960	0,972	0,952	0,972	0,962	0,957	0,961	0,982
M1Mn	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
M1total	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
M2Mg	0,867	0,855	0,885	0,844	0,834	0,891	0,890	0,770	0,829	0,770	0,869	0,855	0,929	0,814	0,720
M2Fe ²	0,107	0,125	0,099	0,135	0,140	0,089	0,061	0,160	0,135	0,168	0,103	0,119	0,055	0,143	0,241
M2Mn	0,004	0,003	0,004	0,001	0,004	0,004	0,005	0,004	0,003	0,003	0,005	0,002	0,004	0,003	0,007
M2Ca	0,010	0,016	0,012	0,013	0,017	0,014	0,028	0,054	0,024	0,050	0,015	0,018	0,010	0,033	0,026
M2Na	0,013	0,000	0,000	0,006	0,005	0,000	0,016	0,011	0,009	0,009	0,008	0,007	0,003	0,007	0,006
M2total	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,999	1,000	1,000	1,000	1,000	0,999	1,000	1,000	1,000	1,000
Mg#	0,899	0,914	0,928	0,916	0,926	0,918	0,931	0,903	0,930	0,894	0,930	0,939	0,933	0,900	0,867

4. Clinopiroxênio

O clinopiroxênio é o terceiro mineral mais frequente nos xenólitos estudados. Os cristais apresentam importantes variações composicionais, como mostrado na Tabela 8 e Figura 8. De acordo com a classificação de Morimoto *et al.* (1988), os cristais correspondem a diopsídio ou augita.

Nos peridotitos com espinélio ou Cr-espinélio uma das características químicas mais importantes no clinopiroxênio é seu alto Al (0,061-0,165 apfu); além disso, tem pequenas variações de Cr (0,018-0,020 apfu) e mg# (0,93-0,95). O clinopiroxênio de lherzolitos com espinélio tem Na, Al, Ti mais altos (0,092-0,117; 0,143-0,165; 0,002-0,011 apfu) comparado àquele presente nas amostras com Cr-espinélio. Na amostra com anfibólio (In1-50) o clinopiroxênio tem maior quantidade de Cr (0,036 apfu) e mg# (0,95) (ANEXO C). Uma porção da borda de um cristal de clinopiroxênio de um lherzolito com espinélio da intrusão Forca tem mg# (0,88-0,91) menores, e deve corresponder a registro de processos de interação com o magma kimberlítico.

Os clinopiroxênios de peridotitos com flogopita têm baixo Al (<0,05 apfu), Ca (0,8-0,85 apfu) e Ti (0,01- 0,02 apfu). O mg# varia de 0,86 a 0,92, com valores maiores para amostras com maior proporção de fases metassomáticas. Em diversas amostras, como por exemplo Lm1-1 e In1-12, ocorre uma variação significativa nos índices mg# (0,91-0,93) e cr# (0,51-0,72). Tais variações são identificadas em imagens de MEV em diversas amostras de xenólitos com minerais secundários, Figuras (86-1 e 94-3) do ANEXO B. Representam bordas de reações com minerais primários, principalmente ortopiroxênio, gradando de mais alto mg# ao redor de cristais de ortopiroxênio, para mg# mais baixo em direção ao centro dos cristais de clinopiroxênio.

Assim como na olivina e ortopiroxênio, o clinopiroxênio da amostra de harzburgito protogranular com clinopiroxênio secundário (In1-12) tem alto mg# (0,93), maior que qualquer outra amostra com minerais secundários; o clinopiroxênio nesta amostra ainda tem alto Na e Cr (0,165; 0,056-0,076 apfu) e baixo Ti e Ca (0-0,001; 0,756-0,792).

O clinopiroxênio de uma amostra de harzburgito com textura mosaico-porfiroclástica (In1-33 e In1-1) tem o maior Ti (0,021-0,040 apfu) de todo o conjunto. O mg# desta amostra é 0,86-0,87.

Um megacristal de clinopiroxênio tem alto Ti comparado a todas as amostras de xenólitos; tem o mg# mais baixo (0,84) que os xenólitos e maior Al que nas amostras de xenólitos metassomatizados (0,091 apfu).

Coefficiente de partição entre ortopiroxênio e clinopiroxênio (Tabela 9) permite estimar que Ti, Ca e Na (razões próximas a 0) são mais compatíveis com clinopiroxênio, por estes elementos estarem ligados ao sítio octaédrico M2, o que não ocorre no sítio M2 do ortopiroxênio (ocupado por Mg e Fe).

O Al que está associado ao sítio octaédrico M1, assim como Cr e Ni, também se associa ao sítio T (tetraédrico). Nas amostras de harzburgitos porfiroclásticos (In1-1 e In1-33) o coeficiente de partição para Al_2O_3 é próximo de 4, o que contrasta com o coeficiente de partição das demais amostras que é menor que 1. Isto pode ser explicado pela entrada de Al no sítio tetraédrico no ortopiroxênio destas amostras, que tem textura sugestiva de alta temperatura.

Tabela 8- Composições químicas representativas de clinopiroxênio dos xenólitos mantélicos

natureza	peridotitos com espinélio				harzburgitos e dunitos sem espinélio		xenólitos com minerais secundários				megacristal	
	lherzolito com espinélio com textura protogranular	lherzolito com espinélio com textura protogranular	harzburgito com Cr-espinélio com textura granoblástica	harzburgito com Cr-espinélio com textura granoblástica	harzburgito porfiroclástico com mosaico (cristal em mosaico em porção amarelada)	harzburgito porfiroclástico com mosaico (cristal em mosaico)	harzburgito com bolsões de cpx	harzburgito com bolsão de flogopita com clinopiroxênio, cromita e titanato associado	flogopita ilmenita wehrilito			
cód. análise	In1-4-3	L1-17a-12	In1-3-6	Lm1-20a-17	In1-1-1	In1-33-8b	In1-12-1	In1-12-3	Lm1-1-4c	Lm1-1-4d	In1-6-4	Fo-3-5
SiO ₂	52,61	52,22	54,03	53,58	53,24	54,00	54,44	54,41	54,61	54,34	54,20	52,97
TiO ₂	0,40	0,07	0,00	0,00	1,46	0,76	0,04	0,00	0,34	0,31	0,05	0,63
Al ₂ O ₃	6,46	5,52	2,13	3,52	0,30	0,31	1,08	0,68	0,80	0,79	0,28	2,14
FeO	2,00	1,67	1,59	1,67	5,18	4,58	2,64	2,24	3,60	3,14	4,18	6,42
MnO	0,11	0,15	0,02	0,09	0,13	0,11	0,12	0,04	0,05	0,03	0,14	0,24
MgO	14,86	15,19	17,57	16,37	18,01	18,05	16,44	16,00	18,11	17,77	17,29	18,46
CaO	21,94	22,32	23,34	22,85	20,57	20,34	19,28	20,19	20,78	20,57	22,14	17,34
Na ₂ O	1,69	1,30	0,75	1,28	0,80	0,89	2,32	2,33	1,45	1,44	0,74	1,40
K ₂ O	0,00	0,01	0,01	0,02	0,00	0,03	0,00	0,02	0,04	0,01	0,01	0,01
Cr ₂ O ₃	1,01	0,92	0,96	1,06	0,10	0,68	2,88	3,91	1,85	1,87	0,48	0,41
NiO	n.a.	0,02	n.a.	0,01	n.a.	0,08	n.a.	n.a.	0,13	0,09	n.a.	0,00
Total	101,07	98,08	100,40	99,18	99,80	98,94	99,24	99,82	100,32	98,91	99,50	98,63
Fórmula estrutural calculada com base em 6 oxigênios												
TSi	1,883	1,901	1,946	1,928	1,943	1,968	1,994	1,993	1,949	1,966	1,982	1,916
TFe ³	0,010	0,005	0,025	0,035	0,057	0,032	0,000	0,000	0,051	0,029	0,018	0,084
TAl	0,107	0,094	0,029	0,037	0,000	0,000	0,006	0,007	0,000	0,004	0,000	0,000
TP	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
T total	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000
M1Al	0,165	0,143	0,061	0,112	0,013	0,013	0,040	0,022	0,033	0,029	0,012	0,091
M1Cr	0,019	0,018	0,018	0,020	0,002	0,013	0,056	0,076	0,035	0,036	0,009	0,008
M1Fe ³	0,000	0,000	0,000	0,000	0,016	0,008	0,000	0,000	0,014	0,000	0,032	0,037
M1Ti	0,011	0,002	0,000	0,000	0,040	0,021	0,001	0,000	0,009	0,008	0,001	0,017
M1Ni	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,002	0,000	0,000	0,004	0,003	0,000	0,000
M1Fe ²	0,012	0,012	0,000	0,000	0,000	0,000	0,006	0,028	0,000	0,000	0,000	0,000
M1Nb	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
M1Mg	0,793	0,825	0,897	0,858	0,930	0,942	0,898	0,874	0,905	0,925	0,943	0,847
M1Mn	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,000
M1total	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
M2Mg	0,000	0,000	0,023	0,010	0,050	0,039	0,000	0,000	0,059	0,034	0,000	0,148
M2Fe ²	0,038	0,033	0,023	0,016	0,085	0,100	0,075	0,040	0,043	0,066	0,078	0,074
M2Mn	0,003	0,005	0,001	0,003	0,004	0,003	0,004	0,001	0,002	0,001	0,002	0,007
M2Ca	0,841	0,870	0,901	0,881	0,804	0,794	0,756	0,792	0,795	0,798	0,868	0,672
M2Na	0,117	0,092	0,052	0,089	0,056	0,063	0,165	0,165	0,100	0,101	0,052	0,098
M2total	1,000	1,000	1,000	0,999	1,000	0,999	1,000	0,999	0,998	0,999	1,000	0,999
Mg#	0,930	0,942	0,952	0,946	0,861	0,875	0,917	0,927	0,900	0,910	0,880	0,837
Ca/Al+Ca	0,755	0,786	0,909	0,855	0,984	0,984	0,942	0,964	0,960	0,960	0,986	0,881
Cr#	0,065	0,069	0,168	0,119	0,126	0,498	0,543	0,720	0,510	0,515	0,438	0,080

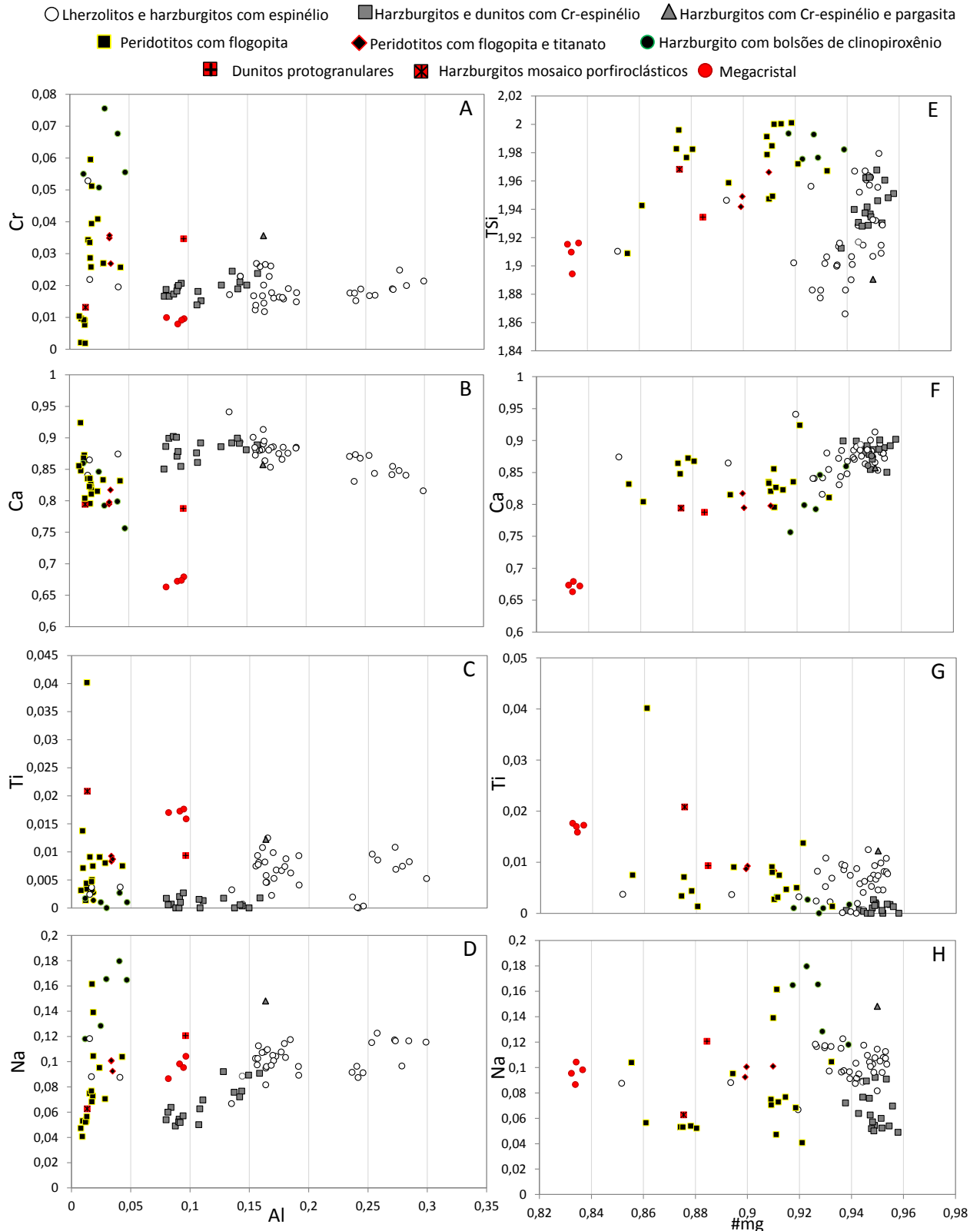


Figura 8- Composição química de clinopiroxênio de xenólitos e megacristal das intrusões Indaiá 1, Limeira 1 e Forca 1. A primeira coluna apresenta projeções de Al (apfu) vs. Cr (A), Ca (B) Ti (C) and In (D), e a segunda coluna mg# vs. Si (E), Ca (F), Ti (G) and Na (H).

Tabela 9- Coeficiente de partição de olivina/ortopiroxênio e ortopiroxênio/clinopiroxênio nos xenólitos mantélicos

Ol/Opx	peridotitos com espinélio						harzburgitos e dunitos sem espinélio					xenólitos com minerais secundários			
	lherzolito com espinélio com textura protogranular	lherzolito com espinélio com textura protogranular	harzburgito com Cr-espinélio com textura granoblástica	harzburgito com Cr-espinélio com textura granoblástica	harzburgito com Cr-espinélio com textura granoblástica com pargasita	harzburgito com Cr-espinélio com textura granoblástica com pargasita	dunito protogranular	harzburgito porfiroclástico com mosaico (cristal em mosaico em porção amarelada)	harzburgito porfiroclástico com mosaico	harzburgito porfiroclástico com mosaico (centro de porfiroclasto)	harzburgito com bolsão de flogopita com clinopiroxênio e cromita	harzburgito com bolsão de flogopita com cromita	harzburgito com bolsões de cpx	harzburgito com bolsão de flogopita com clinopiroxênio, cromita e titanato associado	
natureza															
amostra	In1-4	Lm1-17	In1-3	Lm1-20	In1-24a	In1-50	Lm1-14	In1-1	In1-1	In1-33	In1-33	Lm1-15	In1-20b	In1-12	Lm1-1
SiO ₂	0,73	0,74	0,72	0,73	0,71	0,72	0,68	0,71	0,72	0,72	0,74	0,70	0,70	0,72	0,73
TiO ₂	0,02	n.d.	n.d.	n.d.	0,00	0,23	0,08	0,13	0,07	0,29	0,00	0,00	0,97	n.d.	0,00
Al ₂ O ₃	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,05	0,02	0,05	0,01	0,02	0,00	0,08
FeO	1,35	1,61	1,56	1,45	1,56	1,36	1,67	1,55	1,75	1,78	1,07	1,62	1,66	1,59	1,67
MnO	0,92	1,33	0,99	0,80	0,74	0,68	0,54	0,80	0,91	2,11	1,25	0,87	1,25	0,83	0,61
MgO	1,46	1,47	1,42	1,45	1,45	1,45	1,41	1,45	1,43	1,43	1,54	1,41	1,45	1,38	1,42
CaO	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,04	0,07	0,08	0,14	0,08	0,01	0,00	0,19	0,00	0,04
Na ₂ O	0,00	n.d.	2,83	0,10	0,00	n.d.	0,26	0,20	0,18	0,38	0,26	0,13	0,17	0,00	0,00
K ₂ O	n.d.	0,00	0,00	n.d.	0,00	0,00	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	1,43	n.d.	n.d.	n.d.
Cr ₂ O ₃	0,02	0,00	0,06	0,00	0,00	0,07	0,11	0,14	0,32	0,05	0,00	0,29	0,15	0,35	0,00
NiO	2,92	2,27	n.d.	26,59	n.d.	4,00	10,00	n.d.	n.d.	1,27	2,46	20,94	n.d.	n.d.	3,57
Total	0,98	1,00	1,00	1,00	1,00	1,01	0,98	1,00	1,00	1,01	1,01	1,00	1,00	1,01	1,02

Opx/Cpx	peridotitos com espinélio				harzburgitos e dunitos sem espinélio		xenólitos com minerais secundários			
	lherzolito com espinélio com textura protogranular	lherzolito com espinélio com textura protogranular	harzburgito com Cr-espinélio com textura granoblástica	harzburgito com Cr-espinélio com textura granoblástica	harzburgito porfiroclástico com mosaico (cristal em mosaico em porção amarelada)	harzburgito porfiroclástico com mosaico (cristal em mosaico)	harzburgito com bolsões de clinopiroxênio	harzburgito com bolsão de flogopita com clinopiroxênio, cromita e titanato associado		
natureza										
amostra	In1-4	L1-17 ^a	In1-3	Lm1-20a	In1-1	In1-33	In1-12	In1-12	Lm1-1	Lm1-1
SiO ₂	1,03	1,05	1,05	1,05	1,07	1,04	1,06	1,06	1,03	1,04
TiO ₂	0,37	0,00	n.d.	n.d.	0,18	0,37	0,00	n.d.	0,90	1,01
Al ₂ O ₃	0,62	0,81	0,88	0,67	4,04	3,86	0,10	0,15	0,41	0,42
FeO	3,38	3,46	3,13	3,40	1,25	1,54	1,81	2,13	1,88	2,16
MnO	1,31	0,60	6,41	0,55	1,11	0,92	1,17	3,71	2,10	3,49
MgO	2,28	2,25	2,06	2,13	1,88	1,85	2,28	2,34	1,90	1,93
CaO	0,01	0,02	0,01	0,02	0,07	0,07	0,01	0,01	0,04	0,04
Na ₂ O	0,12	0,00	0,01	0,08	0,21	0,15	0,02	0,02	0,07	0,07
K ₂ O	n.d.	1,70	0,86	0,00	n.d.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cr ₂ O ₃	0,49	0,59	0,50	0,31	6,89	0,82	0,05	0,03	0,17	0,17
NiO	n.a.	7,65	n.a.	1,01	n.a.	1,76	n.a.	n.a.	0,86	1,34
Total	0,99	1,03	1,00	1,01	1,01	1,01	1,02	1,01	0,99	1,01

5. Flogopita

A flogopita ocorre como fase secundária em bolsões dentro de harzburgitos e dunitos, em xenólito polimítico, flogopita ortopiroxenito e flogopitito. Os cristais apresentam intervalo amplo de mg# (0,85 a 0,94); a flogopita de xenólitos com ilmenita (\pm titanatos) tem um intervalo menor (0,88-0,91).

Em flogopita ortopiroxenito (In1-24b) o mg# nas flogopitas (0,87- 0,89) está entre os menores de todas as amostras, sendo compatível também com o mg# do ortopiroxênio desta amostra.

As Figuras 9A (mg# vs. Al_2O_3) e 5B (TiO_2 vs. Cr_2O_3) ilustram as composições de xenólitos contendo flogopita projetadas nos diagramas discriminates de xenólitos MARID e PIC (Gregoire *et al.* 2002) e GP (peridotitos com granada), PP (peridotito com flogopita), PKP (peridotito com flogopita e K-richterita) e flogopitas com origem magmática (Erlank *et al.* 1987). Algumas amostras projetam no campo MARID (In1-6 e In1-2) e a maioria delas projeta muito próximo deste campo na Figura 9A, mas com mais Al_2O_3 , já as amostras Lm1-15 e In1-20b encontram-se dentro ou muito próximas ao campo PIC. No diagrama da Figura 9B é possível verificar dois trends em direção ao campo de flogopitas magmáticas, os trends se iniciam com as amostras In1-6 (flogopita wehrlito polimítico) e In1-24b (flogopita ortopiroxenito) no campo MARID.

6. Ilmenita

Cristais de ilmenita têm mg# que varia de 0,36 a 0,43. Os mais altos conteúdos de Fe^{2+} (0,541-0,592 apfu) e os menores de Cr (0,018-0,026) são encontrados nas ilmenitas de flogopititos (In1-24b) e do flogopita ilmenita wehrlito (In1-6), enquanto os maiores conteúdos de Mg e Cr são encontrados em ilmenitas de dunito com bolsões de flogopita (In1-2). As ilmenitas das amostras estudadas, a exemplo de algumas flogopitas, projetam inteiramente no campo de xenólitos MARID de Gregoire *et al.* (2002) e no campo de ilmenita kimberlítica de Wyatt *et al.* (2004) no diagrama TiO_2 vs. MgO da Figura 9C.

7. Anfibólio

Cristais de anfibólio encontrados em harburgito e dunito com Cr-espinélio com textura granoblástica (In1-24a e In1-50) correspondem a pargasita de acordo com a nomenclatura de Hawthorne & Oberti (2007); mg# é 0,92-0,93. No sítio A, Na= 0,76-0,91(apfu) e K= 0,17-0,23 (apfu). No sítio B, Ca= 1,75-1,81 (apfu) e no sítio C, Ti= 0,21 to 0,24 (apfu). Si no sítio tetraédrico varia de 6,14 a 6,44 (apfu).

8. Titanatos

Cristais de titanatos da série da crinchtonita formando a solução sólida mathiasita-loverengita somente ocorrem na amostra Lm1-1 como bordas de reação em cromita. Os minerais desta série têm fórmula estrutural $AM_{21}O_{38}$, sendo que o sítio A hospeda Ba, K, Sr, Na, Pb, Ca, U, e ETR, o sítio M hospeda Ti, Cr, Fe, Mg, Zr e Nb (Haggerty *et al.* 1983). Quando o sítio A é dominado por K o mineral é chamado de mathiasita, e quando o Ca é o principal elemento do sítio A ele é denominado loverengita. O Ti no sítio M corresponde a 12,7 to 14,3 apfu, Al varia de 0,21 to 0,30, e Cr de 2,3 a 2,4 (apfu). Ca no sítio A varia de 0,47 a 0,53 apfu, e K de 0,35 a 3 apfu, deste modo foi classificado como mathiasita-loverengita por apresentar composições intermediárias entre estes *end-members*. O mg# deste mineral varia de 0,88 a 0,91, e é compatível com olivina e ortopiroxênio na amostra Lm1-1. Amostra muito semelhante foi descrita por Almeida *et al.* (2014) em outra amostra da intrusão Limeira 1.

9. Termometria de xenólitos mantélicos

Estimativas de temperatura podem ser feitas em xenólitos mantélicos, utilizando análises químicas em minerais em equilíbrio. Considerando que a passagem de espinélio a granada em peridotitos ocorre no sistema CaO-MgO-Al₂O₃-SiO₂ perto de 15 kbar a 1200 K (926,85°C) e cerca de 20 kbar para 1600 K (1326,85°C) (Jenkins & Newton 1979), a substituição de metade do Al₂O₃ por Cr₂O₃ aumenta a pressão em cerca de 16 kbar (MacGregor 1970), e a substituição total do Al₂O₃ resulta em um incremento de ~28 kbar (O'Neill 1981), pode-se dizer que as cromitas, presentes em grande parte das amostras estudadas podem ser estáveis até 48 kbar. Em peridotitos mantélicos a estimativa da temperatura baseia-se em trocas catiônicas entre minerais que são pouco dependentes dos valores de pressão, de modo que foi assumida uma pressão arbitrária de 20 kbar. Os geotermômetros mais utilizados baseiam-se: na troca

de Mg e Fe entre ortopiroxênio e clinopiroxênio coexistentes (Brey & Koehler 1990, Wells 1977, Bertrand & Merrier 1985); no teor de Ca em ortopiroxênio (Brey & Koehler 1990); na troca de Fe-Mg entre olivina e espinélio (podendo ser Cr-espinélio ou cromita) (Ballhaus 1991, O'Neill & Wall 1987) e no teor de Al em ortopiroxênio (Witt-Eickshen 1991). Já os geobarômetros somente têm calibrações adequadas para amostras contendo granada, e se baseiam: no conteúdo de Al em ortopiroxênio (MacGregor 1974, Nickel & Green 1974, Brey & Koehler 1990, Brey *et al.* 2008); na partição de Ca entre olivina e clinopiroxênio (Koehler & Brey 1990); e nos teores de Al em olivina (Koehler & Brey 1990), Cr em clinopiroxênio (Nimis & Taylor 2000) e Cr em granada (Ryan *et al.* 1996). Como nenhum dos xenólitos estudados tem granada, somente será discutida neste capítulo a geotermometria.

As composições dos minerais foram inseridas em um programa que calcula temperaturas e pressões de rochas mantélicas a partir das composições dos minerais coexistentes em porcentagem em peso denominado PTEXL, desenvolvido por T. Koehler e A. Girnig (baixado em <http://www.mineralogie.uni-frankfurt.de>). Este programa apresenta uma vasta gama de geotermobarômetros, porém como boa parte deles foram desenvolvidos para calibração de amostras portadoras de granada, diversas destas calibrações foram rejeitadas. As composições de cristais representativos, apresentadas nas tabelas de química mineral apresentadas neste capítulo foram utilizadas para os cálculos do programa, e os resultados se encontram na Tabela 10.

Os geotermômetros apresentados na Tabela 10 exibem ampla variação de temperatura entre as amostras, de 623 a 1325 °C.

Os termômetros baseados na troca Mg-Fe em clinopiroxênio e ortopiroxênio e foram aplicados em peridotitos com espinélio, peridotitos com com Cr-espinélio, pois os cristais de clinopiroxênio presentes nestas amostras encontram-se em equilíbrio textural e químico. O mesmo não ocorre com clinopiroxênio das demais amostras, que são intersticiais ou associados a flogopita. Neste termômetro, a calibração de Wells (1977), apresenta em torno de 40-50°C mais alto que outras duas calibrações (Brey & Koehler 1990; Bertrand & Merrier 1975), estas últimas apresentam resultados similares entre si (Tabela 10).

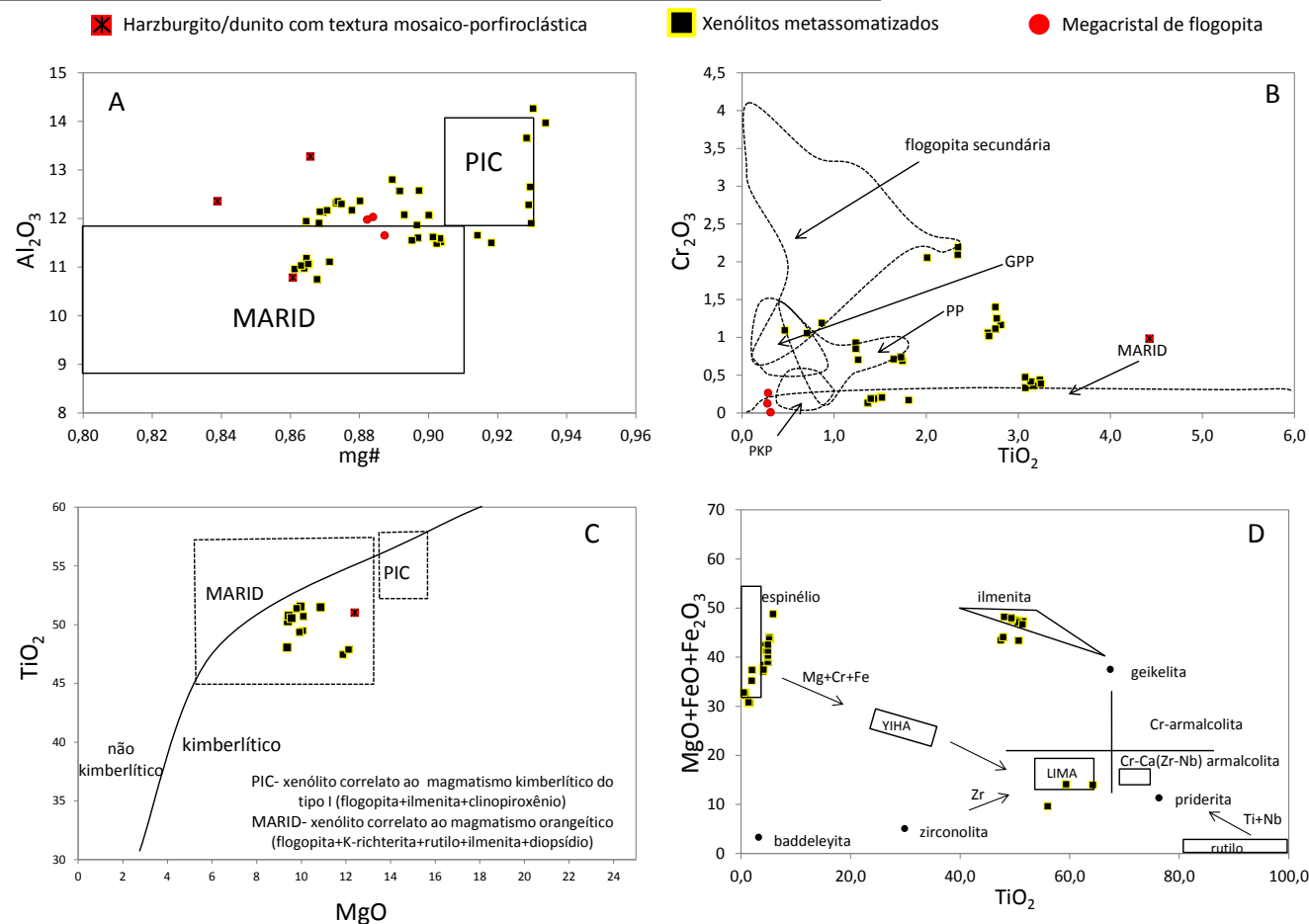


Figura 9- Diagramas de variação química ilustrando a composição de minerais de xenólitos do manto da APIP. A) mg # vs. Al_2O_3 em flogopita, com os campos discriminantes de xenólitos do tipo MARID e PIC (Gregoire *et al.* 2002); B) TiO_2 vs. Cr_2O_3 em flogopita com campos discriminantes de flogopita de origem magmática, de peridotitos com granada (GP), peridotitos com flogopita (PP), peridotitos com flogopita e K-richterita (PKP), e de xenólitos MARID segundo Erlank *et al.* 1987; C) MgO vs. TiO_2 em ilmenita e campos discriminantes de xenólitos MARID e PIC (Gregoire *et al.* 2002), e de ilmenitas kimberlíticas e não kimberlíticas; D) TiO_2 vs. $MgO+FeO+Fe_2O_3$ em cromita, ilmenita e titanato da série loverengita-mathiasita e campos correspondentes a óxidos de origem metassomática (Haggerty 1995).

Tabela 10- Resultados dos geotermômetros calculados pelo programa PTEXL para amostras de xenólitos representativos baseados na troca entre Fe-Mg entre clinopiroxênio e ortopiroxênio, e entre olivina e espinélio; e no conteúdo de Ca e Al em ortopiroxênio. As temperaturas são dadas em °C.

	peridotitos com espinélio		harzburgitos e dunitos sem espinélio				xenólitos com minerais					
	lherzolito com espinélio com textura protogranular	lherzolito com espinélio com textura protogranular	harzburgito com Cr-espinélio com textura granoblástica	harzburgito com Cr-espinélio com textura granoblástica	harzburgito com Cr-espinélio com textura granoblástica com pargasita	harzburgito com Cr-espinélio com textura granoblástica com pargasita	dunito protogranular	harzburgito porfiroclástico com mosaico (cristal em mosaico)	harzburgito porfiroclástico com mosaico (cristal em mosaico)	harzburgito com bolsão de flogopita com cromita	harzburgito com bolsão de flogopita com clinopiroxênio e cromita	minerais harzburgito com bolsão de flogopita com clinopiroxênio, cromita e titanato associado
	In1-4	Lm1-17	In1-3	Lm1-20	In1-24a	In1-50	Lm1-14	In1-1	In1-33	In1-20b	Lm1-15	Lm1-1
Fe-Mg entre Cpx e Opx												
Brey & Koehler (1990)	742,4	720,6	763,3	638,3	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Wells (1977)	786,0	775,8	835,3	734,6	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Bertrand & Merrier (1985)	729,4	720,1	762,2	660,2	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Ca em Opx												
Brey & Koehler (1990)	799,0	896,3	831,6	849,6	n.d.	n.d.	n.d.	1187,5	1167,2	998,7	n.d.	1167,2
Al em Opx												
Witt-Eickshen (1991)	998,0	1022,0	889,7	860,9	877,3	795,2	780,4	n.d.	n.d.	834,3	756,7	756,5
Fe-Mg entre Ol e Sp												
O'Neill & Wall (1987)	1208,5	1269,8	665,7	819,0	636,8	741,2	1067,0	n.d.	n.d.	1002,8	1033,0	1136,1
Ballhaus <i>et al.</i> (1991)	1270,4	1325,4	652,7	828,1	623,2	725,4	1023,5	n.d.	n.d.	968,0	983,7	1096,2
n.d.-não determinado.												

O termômetro de Ca em ortopiroxênio (Brey & Koehler 1990) fornece temperaturas sistematicamente mais altas, em até 100°C, em relação aos métodos baseados na troca Mg-Fe entre clinopiroxênio e ortopiroxênio (e.g., 800-900°C) em peridotitos com espinélio ou Cr-espinélio. Este método (Brey & Koehler 1990) foi aplicado as amostras de harzburgitos porfiroclásticos com mosaicos e em xenólitos metassomatizados, de modo que a temperatura obtida para estes (1000°-1200°C) é maior que a obtida em peridotitos com espinélio e Cr-espinélio.

Os resultados pela calibração de Witt-Eickshen (1991) em termômetro de conteúdo de Al em ortopiroxênio foram de pouca utilidade, uma vez que as amostras com maior teor de Al são calculadas como de maior temperatura (1000°C em peridotitos com espinélio), este método não leva em conta os efeitos de diminuição de Al decorrentes de fusão parcial, que é registrada em grande parte das amostras de xenólito da APIP. Registra-se, no entanto que as menores temperaturas obtidas por este termômetro são dos xenólitos metassomatizados (760-830°C), provavelmente decorrente de um maior grau de fusão parcial e empobrecimento em Al nestas amostras.

O geotermômetro baseado na troca em troca de Mg-Fe entre olivina e espinélio (ou Cr-espinélio/cromita) fornece temperaturas muito elevadas (1209-1325°C) para os dois peridotitos com espinélio se comparadas com as amostras com Cr-espinélio (623-828°C). Estas altas temperaturas podem ser registros da cristalização de olivina e espinélio em condições de gradiente geotérmico muito mais altos que no Cretáceo, provavelmente no Arqueano se levadas em consideração as idades-modelo *Re depletion* superiores a 2,4 Ga para espinélio peridotitos obtidas por Carlson *et al.* (2007).

Estima-se que os dados geotermométricos obtidos em xenólitos metassomatizados pelo termômetro de Fe-Mg em núcleos de olivina e cromita sejam registro da temperatura das rochas antes do metassomatismo (970-1130°C). A amostra de dunito protogranular Lm1-14 apresenta temperaturas semelhantes (em torno de 1050°C). Esta amostra não contém clinopiroxênio, tem altos valores de mg# em olivina e ortopiroxênio, e contém cromita, que fatores indicam elevada fusão parcial nesta amostra. Características químicas similares são encontradas na amostra In1-20b (harzburgito protogranular com bolsões de flogopita), indicando que olivina e cromita foram pouco afetadas pelo metassomatismo, de modo que o geotermômetro tenha aplicabilidade comprovada para esta amostra.

Capítulo VI- Química Mineral de Elementos Traço

Neste capítulo são discutidos os dados de elementos traços efetuados nos minerais de 15 amostras. Devido à grande quantidade de análises efetuadas serão apresentados neste capítulo os dados de elementos traço na forma de média e desvio padrão relativo (%) em 8 amostras representativas (Tabela 11-16). As tabelas de dados completa que mostra os resultados de acordo com as amostras analisadas e minerais são mostrados no ANEXO D desta tese.

Tabela 11- Médias (em ppm) e desvios padrão relativos (em %) das composições de elementos traços de olivina em amostras representativas. n.d.-elementos não analisado ou abaixo do limite de detecção.

	peridotitos com espinélio				harzburgitos e dunitos sem espinélio				xenólitos com minerais secundários					
	lherzolito com espinélio com textura protogranular		harzburgito com Cr-espinélio com textura granoblástica		harzburgito com Cr-espinélio com textura granoblástica com pargasita		harzburgito porfiróclástico com mosaico		harzburgito com bolsão de flogopita com clinopiroxênio, cromita e titanato associado		flogopita ilmenita wehrlito		harzburgito com bolsões de clinopiroxênio	
	In1-4		In1-3		In1-50		In1-33		Lm1-1		In1-6		In1-12	
	média	σ	média	σ	média	σ	média	σ	Média	Σ	média	Σ	média	Σ
Li	1,59	8,00	1,51	5,62	1,57	20,72	3,28	16,42	2,52	32,30	2,37	47,14	1,26	4,49
Na	2,28	9,01	1,45	42,91	4,53	81,73	171,22	4,54	90,32	16,21	61,09	3,59	14,93	3,55
Al	4,11	73,29	0,74	n.d.	9,69	112,23	168,00	15,59	23,34	22,34	6,78	11,68	1,29	6,58
P	26,59	21,49	n.d.	n.d.	36,25	0,78	89,46	7,95	61,33	12,71	183,21	5,94	n.d.	n.d.
Ca	n.d.	n.d.	186,59	n.d.	n.d.	n.d.	980,71	49,39	301,25	23,64	270,62	5,00	n.d.	n.d.
Sc	2,84	2,99	2,85	26,80	2,16	4,27	2,41	14,18	2,98	25,15	3,48	11,60	2,60	8,45
Ti	6,40	48,39	1,78	31,47	4,44	9,73	131,72	19,87	160,47	8,43	94,48	9,68	7,50	91,45
V	0,42	1,19	0,26	10,22	0,17	28,45	14,46	47,56	5,71	10,95	4,00	12,92	1,32	9,13
Cr	2,73	15,54	4,02	19,20	2,03	16,72	480,33	5,52	228,88	21,35	38,02	19,49	31,19	1,84
M	1151,5	5,95	913,60	3,84	870,15	1,65	987,12	10,79	1318,22	25,46	1509,4	10,34	816,94	0,22
Co	149,27	7,47	126,19	2,73	143,76	8,82	164,47	13,16	144,29	17,09	162,42	13,72	122,68	2,18
Ni	3115,5	5,64	2902,5	4,32	3577,7	12,75	3070,3	10,53	3192,19	12,73	1487,0	9,85	2952,9	1,33
Cu	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	6,99	18,84	2,32	10,88	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Zn	17,31	17,40	22,96	27,96	29,22	5,93	89,99	5,91	95,04	5,23	127,79	0,58	43,29	3,94
Rb	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0,80	13,41	0,08	70,24	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Sr	0,01	n.d.	n.d.	n.d.	0,06	n.d.	1,32	120,87	0,40	13,18	0,02	57,06	n.d.	n.d.
Y	0,00	n.d.	0,01	n.d.	0,02	39,87	0,08	67,10	0,02	19,55	n.d.	n.d.	0,01	n.d.
Zr	n.d.	n.d.	0,01	n.d.	0,06	62,23	0,63	91,10	1,18	8,23	0,39	2,35	0,11	n.d.
Nb	n.d.	n.d.	0,01	7,97	n.d.	n.d.	0,12	34,30	0,03	54,11	0,14	1,96	1,85	72,98
Cs	n.d.	n.d.	0,02	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Ba	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0,14	n.d.	1,12	82,61	2,10	72,73	n.d.	n.d.	0,08	1,81
La	0,00	n.d.	0,00	n.d.	0,01	50,39	0,14	55,56	0,02	29,57	n.d.	n.d.	0,01	n.d.
Ce	0,00	n.d.	n.d.	n.d.	0,02	92,97	0,30	68,72	0,09	97,55	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Pr	0,00	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0,02	106,07	0,01	61,49	0,01	n.d.	0,00	14,50
Nd	0,01	n.d.	0,01	n.d.	n.d.	n.d.	0,07	39,68	0,33	n.d.	0,04	n.d.	0,03	n.d.
Sm	0,01	n.d.	0,03	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0,09	n.d.	0,06	n.d.	n.d.	n.d.
Eu	n.d.	n.d.	0,02	n.d.	n.d.	n.d.	0,02	n.d.	0,02	n.d.	0,05	n.d.	n.d.	n.d.
Gd	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Tb	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0,01	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0,00	n.d.
Dy	0,02	n.d.	0,05	n.d.	0,03	n.d.	0,03	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Ho	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0,01	n.d.	n.d.	n.d.	0,00	n.d.	0,00	n.d.
Er	n.d.	n.d.	0,01	n.d.	0,03	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0,02	61,65	n.d.	n.d.
Tm	0,00	n.d.	0,00	n.d.	n.d.	n.d.	0,01	n.d.	0,01	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Yb	n.d.	n.d.	0,03	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0,02	n.d.	n.d.	n.d.
Lu	n.d.	n.d.	0,00	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0,01	18,89	n.d.	n.d.	0,00	n.d.
Hf	0,00	n.d.	0,01	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0,08	n.d.	0,05	n.d.	n.d.	n.d.
Ta	0,00	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0,01	n.d.	0,05	n.d.
Pb	0,03	54,81	0,03	0,00	0,05	26,42	0,15	56,21	0,06	36,56	0,05	n.d.	0,04	51,72
Th	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0,03	2,42	0,04	n.d.	0,01	12,96	n.d.	n.d.	0,01	n.d.
U	0,00	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0,02	52,31	0,01	2,97	0,01	n.d.	0,00	15,71

Tabela 12- Médias (em ppm) e desvios padrão relativos (em %) das composições de elementos traços de ortopiroxênio de amostras representativas. n.d.- elementos não analisados ou abaixo do limite de detecção.

	peridotitos com espinélio				harzburgitos e dunitos sem espinélio				xenólitos com minerais secundários			
	lherzolito com espinélio com textura protogranular		harzburgito com Cr-espinélio com textura granoblástica		harzburgito com Cr-espinélio com textura granoblástica com pargasita		harzburgito porfiroclástico com mosaico		flogopita ilmenita wehrlito		harzburgito com bolsões de clinopiroxênio	
	In1-4		In1-3		In1-50		In1-33		In1-6		In1-12	
	média	σ	média	σ	média	σ	média	σ	média	σ	média	σ
Li	1,27	12,64	1,58	16,98	0,98	84,27	1,78	48,17	1,94	18,22	0,78	53,83
Na	375,69	34,95	219,33	19,86	451,43	18,31	1283,04	3,53	515,79	6,28	469,63	54,59
Al	24934,88	12,85	9429,85	7,61	8498,73	12,88	6231,46	4,91	450,40	3,10	2640,95	129,65
P	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	22,81	n.d.	8,16	24,89	66,84	18,19	n.d.	n.d.
Ca	3475,47	41,76	3503,21	21,38	3062,58	10,12	10848,78	8,85	4154,68	2,77	1430,93	48,53
Sc	20,64	12,72	25,27	10,92	23,15	2,69	6,43	11,62	5,20	8,97	9,42	100,56
Ti	449,94	10,29	166,49	14,79	723,72	3,52	1739,53	11,08	879,50	5,36	49,50	12,49
V	108,35	6,45	71,18	11,23	69,79	13,92	46,40	7,34	29,67	9,25	32,50	97,90
Cr	3293,44	13,82	3411,96	16,02	3491,43	2,17	3826,59	2,51	456,77	5,11	1679,93	89,65
Mn	1347,02	10,03	1054,74	12,72	1124,63	2,68	1071,76	4,64	1853,66	5,96	1234,34	2,11
Co	51,63	3,18	50,69	5,96	50,36	1,91	81,65	8,88	70,44	5,42	46,38	2,04
Ni	690,63	10,82	657,35	6,53	612,62	12,40	1093,89	7,62	501,25	4,16	518,82	0,99
Cu	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0,37	n.d.	4,83	9,64	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Zn	18,90	17,99	25,28	4,37	24,69	4,44	62,40	7,00	82,88	9,45	26,42	0,51
Rb	n.d.	n.d.	0,08	n.d.	10,55	n.d.	0,02	20,20	1,40	97,83	0,56	62,21
Sr	0,14	147,90	0,05	110,10	11,03	137,22	4,04	76,12	12,85	41,56	1,49	42,38
Y	0,66	29,42	0,24	12,97	0,38	9,75	0,43	14,97	0,19	4,13	0,27	31,92
Zr	0,10	35,43	0,17	35,64	3,65	2,13	1,44	8,52	0,75	37,35	0,28	104,62
Nb	0,01	47,86	0,01	9,14	0,04	51,43	0,03	25,14	0,32	55,99	0,88	80,86
Cs	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Ba	0,19	n.d.	0,10	n.d.	16,80	140,77	0,30	100,14	14,10	58,04	64,74	136,68
La	0,02	81,83	0,01	65,54	0,27	n.d.	0,04	10,92	0,43	57,10	0,10	49,13
Ce	0,01	n.d.	0,01	25,58	0,24	129,74	0,20	14,47	0,96	39,49	0,31	31,02
Pr	0,00	45,82	0,01	n.d.	0,03	n.d.	0,04	6,73	0,11	58,93	0,05	40,36
Nd	n.d.	n.d.	0,02	n.d.	0,08	n.d.	0,26	16,61	0,38	60,61	0,27	n.d.
Sm	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0,05	n.d.	0,07	29,48	0,09	n.d.	n.d.	n.d.
Eu	n.d.	n.d.	0,02	n.d.	0,02	n.d.	0,03	24,88	0,03	n.d.	0,01	n.d.
Gd	n.d.	n.d.	0,07	n.d.	0,01	n.d.	0,08	20,77	n.d.	n.d.	0,14	n.d.
Tb	0,02	15,92	0,01	39,34	0,01	n.d.	0,01	14,49	0,01	n.d.	0,02	n.d.
Dy	0,05	46,33	0,03	n.d.	0,05	36,37	0,08	18,42	n.d.	n.d.	0,10	43,04
Ho	0,02	36,67	0,01	40,60	0,01	n.d.	0,02	20,36	0,01	11,82	0,01	61,99
Er	0,12	40,94	0,07	32,21	0,06	13,30	0,05	3,69	0,02	n.d.	0,03	95,05
Tm	0,03	10,97	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0,01	n.d.	0,01	39,14	0,00	n.d.
Yb	0,18	40,17	0,10	18,51	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0,04	44,84
Lu	0,04	10,31	0,03	9,43	n.d.	n.d.	0,01	n.d.	0,01	n.d.	n.d.	n.d.
Hf	0,03	42,00	0,05	n.d.	0,22	14,43	0,09	19,52	0,08	n.d.	0,03	n.d.
Ta	0,01	45,31	0,02	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0,02	n.d.	0,04	56,23
Pb	0,10	54,18	n.d.	n.d.	0,14	n.d.	0,08	46,52	0,05	n.d.	0,06	14,48
Th	0,00	4,56	0,01	18,20	0,02	43,94	0,03	n.d.	0,06	68,27	n.d.	n.d.
U	0,00	43,65	0,01	27,01	0,02	n.d.	0,01	n.d.	0,02	n.d.	0,02	n.d.

Tabela 13- Médias (em ppm) e desvios padrão relativos (em %) das composições de elementos traços de clinopiroxênio de amostras representativas. n.d.- elementos não analisados ou abaixo do limite de detecção.

	peridotitos com espinélio						xenólitos com minerais secundários					
	lherzolito com espinélio com textura protopanarica		harzburgito com Cr- espinélio com textura granoblástica		harzburgito com Cr- espinélio com textura granoblástica com pargasita		harzburgito com bolsão de flogopita com clinopiroxênio, cromita e titanato associado		flogopita ilmenita wehrlito		harzburgito com bolsões de cpx	
	In1-4		In1-3		In1-50		Lm1-1		In1-6		In1-12	
	média	σ	média	σ	média	σ	média	σ	média	σ	média	σ
Li	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0,71	2,82	8,67	54,43	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Na	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	9589,34	8,83	9412,32	17,24	8023,93	6,44	n.d.	n.d.
Al	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	25312,45	5,28	5340,62	11,89	1191,70	35,08	n.d.	n.d.
P	20,15	21,89	14,84	65,70	14,95	13,34	145,20	28,75	111,81	67,31	60,99	34,38
Ca	157234,20	0,00	159628,44	2,48	155947,71	0,00	147966,91	0,56	157795,77	1,66	146894,88	6,38
Sc	59,10	5,17	75,28	12,69	161,02	9,30	56,90	3,66	69,09	37,43	180,99	19,69
Ti	1884,60	6,81	291,80	3,61	3340,01	13,71	2830,47	8,12	1005,03	10,95	138,55	24,84
V	218,45	9,24	185,14	14,98	250,95	11,15	233,54	8,74	272,02	11,62	328,08	6,05
Cr	5214,55	9,75	6266,65	18,59	10284,29	5,15	11867,24	19,55	3213,53	21,69	18006,89	6,97
Mn	663,79	6,45	597,80	11,12	407,71	7,01	803,26	2,00	1221,85	9,31	574,15	8,32
Co	15,75	16,76	18,70	10,29	11,85	6,17	23,58	28,03	27,40	9,38	13,26	14,39
Ni	220,88	10,89	250,28	8,76	181,13	10,02	364,31	8,98	242,22	14,27	231,96	10,96
Cu	0,23	27,18	0,21	32,44	0,20	0,35	0,95	19,15	1,64	102,78	0,40	36,44
Zn	4,26	44,25	5,88	14,53	4,60	13,61	21,44	27,47	23,58	12,16	5,39	20,69
Rb	0,30	90,59	1,94	118,89	n.d.	n.d.	3,62	10,31	1,78	143,53	0,38	152,07
Sr	1,72	4,89	14,82	12,16	362,60	18,68	331,27	12,04	379,15	43,77	658,48	14,32
Y	11,22	1,80	2,89	13,39	20,44	8,43	8,38	11,76	6,45	31,55	23,11	20,79
Zr	1,37	11,04	2,62	15,68	485,92	5,10	127,29	16,46	55,98	33,93	151,00	8,94
Nb	0,02	48,28	0,05	23,54	1,97	23,22	1,69	30,01	1,02	55,08	1,14	72,46
Cs	0,07	60,04	0,01	81,05	n.d.	n.d.	0,04	14,42	0,05	130,72	0,23	n.d.
Ba	0,09	87,92	1,98	49,43	0,17	26,89	80,87	19,78	58,44	151,50	2,67	83,15
La	0,01	53,51	0,18	15,28	21,83	13,79	7,74	25,81	5,46	36,71	25,73	34,74
Ce	0,03	15,53	0,80	22,29	43,07	30,33	22,96	24,10	23,51	31,51	106,58	32,94
Pr	0,02	38,71	0,17	13,63	8,43	22,94	4,15	18,94	4,12	32,76	18,74	30,43
Nd	0,53	9,33	0,95	4,30	50,27	13,49	21,34	13,32	20,64	34,32	87,53	27,41
Sm	0,62	11,52	0,47	18,58	12,85	21,10	4,54	7,08	4,45	29,71	16,82	22,22
Eu	0,31	9,09	0,19	14,50	3,13	12,81	1,30	8,97	1,40	28,60	5,03	16,42
Gd	0,99	7,60	0,51	14,68	11,73	1,62	3,73	10,28	3,78	27,61	12,57	16,64
Tb	0,24	5,17	0,10	18,18	1,20	6,77	0,45	9,99	0,39	32,99	1,36	14,67
Dy	2,05	16,38	0,59	17,31	6,06	9,23	2,31	3,97	1,99	29,52	6,96	17,86
Ho	0,43	15,89	0,12	9,43	0,85	11,47	0,37	15,66	0,29	25,83	1,05	20,98
Er	1,39	5,48	0,32	8,53	1,79	15,50	0,68	14,36	0,64	28,93	2,23	17,30
Tm	0,20	13,17	0,03	28,12	0,15	27,72	0,08	13,36	0,07	51,09	0,22	23,00
Yb	1,54	14,47	0,28	26,17	0,89	13,67	0,45	5,79	0,39	48,41	1,08	21,77
Lu	0,19	11,44	0,04	31,69	0,09	44,46	0,05	25,90	0,04	38,01	0,16	31,10
Hf	0,17	31,37	0,09	21,31	16,18	14,53	7,13	20,48	2,97	33,07	4,47	14,43
Ta	0,00	9,43	0,01	101,97	0,84	14,33	0,11	38,67	0,11	159,69	0,08	108,76
Pb	0,10	57,76	0,11	69,84	0,37	36,77	0,72	37,64	0,76	78,33	1,10	38,34
Th	0,00	11,93	0,01	55,10	2,00	51,85	0,28	42,87	0,20	73,59	0,10	109,56
U	0,00	n.d.	0,01	106,59	0,23	20,24	0,08	46,78	0,05	69,63	0,02	117,60

Tabela 14- Médias (em ppm) e desvios padrão relativos (em %) das composições de elementos traços em espinélio, Cr-espinélio, cromita, ilmenita e titanatos de amostras representativas. n.d.- elementos não analisados ou abaixo do limite de detecção.

	peridotitos com espinélio						xenólitos com minerais secundários					
	espinélio em lherzolito com espinélio com textura protogranular		Cr-espinélio em harzburgito com Cr- espinélio com textura granoblástica		Cr-espinélio em harzburgito com Cr- espinélio com textura granoblástica com pargasita		cromita em harzburgito com bolsão de flogopita com clinopiroxênio, cromita e titanato associado	ilmenita em flogopita ilmenita wehrlito		titanato em harzburgito com bolsão de flogopita com clinopiroxênio, cromita e titanato associado		
	In1-4		In1-3		In1-50			Lml-1	In1-6		Lml-1	
	média	σ	média	σ	média	σ	média	Média	σ	média	σ	
Li	1,27	12,25	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	7,54	1,67	33,06	1,32	56,45	
Na	4,39	n.d.	3,91	9,77	2,30	40,36	568,45	94,40	10,49	1445,77	43,39	
Al	295837	0,94	143013	2,50	141652	11,41	22504	441,13	12,56	4265	2,48	
P	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	91,93	n.d.	n.d.	28,92	43,96	
Ca	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	178,84	27,33	3467,93	n.d.	n.d.	17433,87	17,04	
Sc	n.d.	n.d.	1,35	20,95	1,73	4,09	7,37	40,46	11,38	100,96	6,10	
Ti	263,42	23,80	560,44	0,67	1061,97	48,30	29894,82	316791,95	13,42	359700,00	0,00	
V	527,37	0,40	1296,68	0,03	1084,78	8,46	2396,92	1718,43	8,99	2355,75	3,54	
Cr	73691,89	2,75	316777,97	0,50	282174,96	7,17	348879,41	10421,56	6,88	90340,67	4,59	
Mn	987,13	1,54	2156,27	1,12	1812,69	1,76	2215,06	2560,07	11,37	648,94	6,56	
Co	443,27	4,85	697,17	10,17	599,85	3,46	268,67	190,37	9,37	49,22	0,13	
Ni	2319,72	10,57	482,27	12,69	392,61	18,12	2157,90	1069,04	8,93	411,90	0,21	
Cu	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0,45	n.d.	25,41	n.d.	n.d.	6,03	33,23	
Zn	1639,84	5,12	2240,17	9,42	2933,11	18,97	836,81	143,83	1,46	143,66	0,92	
Rb	0,24	37,06	0,62	1,36	0,58	35,96	1,95	0,26	102,05	37,89	113,41	
Sr	0,19	60,29	n.d.	n.d.	0,71	123,81	27,15	0,23	46,64	4682,15	10,21	
Y	n.d.	n.d.	0,01	n.d.	n.d.	n.d.	0,47	0,17	20,54	26,13	28,75	
Zr	0,11	119,76	0,10	12,99	0,56	36,95	46,21	754,39	5,59	42805,05	19,51	
Nb	0,03	21,43	0,16	27,74	0,17	1,69	2,65	1754,94	5,02	1375,88	15,81	
Cs	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
Ba	0,29	75,78	n.d.	n.d.	0,41	18,42	30,69	0,21	30,33	6140,42	55,23	
La	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	2,97	n.d.	n.d.	2041,15	12,18	
Ce	0,01	72,73	0,01	n.d.	0,01	n.d.	5,01	0,02	56,33	2229,78	3,75	
Pr	0,00	n.d.	0,00	n.d.	n.d.	n.d.	0,68	0,01	91,58	127,69	7,76	
Nd	0,02	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	2,41	0,04	n.d.	296,79	15,62	
Sm	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0,05	3,89	16,14	20,34	
Eu	n.d.	n.d.	0,02	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	4,55	15,93	
Gd	n.d.	n.d.	0,04	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0,04	n.d.	8,15	14,35	
Tb	n.d.	n.d.	0,02	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0,01	n.d.	0,97	24,54	
Dy	n.d.	n.d.	0,03	n.d.	n.d.	n.d.	0,81	0,03	74,87	6,07	22,87	
Ho	0,01	50,34	0,01	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0,01	45,18	1,22	29,74	
Er	0,01	n.d.	0,02	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0,04	46,07	3,34	29,18	
Tm	n.d.	n.d.	0,02	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0,01	4,35	0,49	27,12	
Yb	0,02	n.d.	0,03	n.d.	n.d.	n.d.	0,51	0,05	n.d.	3,33	20,25	
Lu	n.d.	n.d.	0,01	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0,01	n.d.	0,48	27,16	
Hf	0,03	2,40	0,06	n.d.	n.d.	n.d.	2,29	21,90	16,70	1052,88	14,99	
Ta	0,00	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0,21	221,45	7,59	199,11	11,15	
Pb	0,06	n.d.	n.d.	n.d.	0,07	35,36	1,01	9,88	n.d.	47,22	10,69	
Th	n.d.	n.d.	0,01	n.d.	0,05	94,94	0,48	0,01	51,41	30,01	21,74	
U	n.d.	n.d.	0,02	n.d.	0,03	n.d.	n.d.	0,02	28,62	65,94	13,38	

Tabela 15- Médias (em ppm) e desvios padrão relativos (em %) das composições de elementos traços de pargasita e flogopita de amostras representativas. n.d. -elementos não analisados ou abaixo do limite de detecção.

	pargasita de peridotitos com espinélio		flogopita de xenólitos com minerais secundários			
	harzburgito com Cr-espinélio com textura granoblástica com pargasita		harzburgito com bolsão de flogopita com clinopiroxênio, cromita e titanato associado		flogopita ilmenita wehrlito	
	In1-50		Lm1-1		In1-6	
	média	σ	média	σ	Média	σ
Li	9,38	59,65	13,06	24,64	28,64	24,92
Na	19166,36	4,55	346,81	41,15	2432,61	31,40
Al	72520	2,77	66706	29,09	62301	17,13
P	73,84	6,98	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Ca	81737,94	1,31	61,40	n.d.	1059,86	n.d.
Sc	152,21	3,93	3,97	17,10	3,09	2,52
Ti	15613,64	2,46	13454,20	31,85	11168,25	8,41
V	377,93	4,50	128,44	27,36	147,63	9,25
Cr	13221,07	12,09	6017,14	34,23	1588,34	6,39
Mn	260,80	7,10	163,83	27,25	252,35	4,26
Co	25,16	2,85	47,44	11,98	74,52	7,70
Ni	615,58	0,79	1254,90	22,20	1157,01	6,00
Cu	0,73	21,87	2,37	29,60	n.d.	n.d.
Zn	8,16	19,68	33,28	27,43	56,50	1,10
Rb	6,33	10,07	334,84	36,14	711,26	2,02
Sr	533,42	43,13	9,71	40,05	4,27	33,45
Y	23,93	9,30	0,09	17,17	0,09	n.d.
Zr	396,30	9,49	80,12	39,47	8,01	6,89
Nb	414,86	48,77	6,80	18,72	20,26	4,68
Cs	0,01	n.d.	n.d.	n.d.	4,47	3,16
Ba	260,11	9,07	469,12	40,53	182,95	32,92
La	34,25	40,57	0,02	n.d.	0,08	n.d.
Ce	67,86	45,50	0,02	31,59	0,15	n.d.
Pr	10,78	50,49	n.d.	n.d.	0,01	n.d.
Nd	56,99	52,37	0,11	n.d.	n.d.	n.d.
Sm	13,63	41,12	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Eu	3,63	36,05	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Gd	10,88	29,76	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Tb	1,30	18,51	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Dy	6,75	10,37	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Ho	0,91	3,73	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Er	2,09	7,15	n.d.	n.d.	0,04	n.d.
Tm	0,20	6,00	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Yb	1,10	5,34	0,15	n.d.	n.d.	n.d.
Lu	0,15	14,94	0,01	n.d.	n.d.	n.d.
Hf	12,20	22,24	1,06	39,54	0,27	20,05
Ta	26,26	69,31	0,66	35,57	1,66	11,54
Pb	0,72	9,42	0,19	22,64	0,22	n.d.
Th	2,17	34,94	n.d.	n.d.	0,03	n.d.
U	0,30	30,29	0,01	n.d.	0,02	17,40

Tabela 16- Coeficientes de partição Ol/Opx e Opx/Cpx com base na média dos elementos traço em amostras representativas. n.d. -elementos não analisado ou abaixo do limite de detecção.

	Ol/Opx						Opx/Cpx				
	lherzolito com espinélio com textura protogranular	harzburgito com Cr-espinélio com textura granoblástica	harzburgito com Cr-espinélio com textura granoblástica com pargasita	harzburgito porfiroclástico com mosaico	flogopita ilmenita wehrlito	harzburgito com bolsões de cpx	lherzolito com espinélio	harzburgito com Cr-espinélio	harzburgito com Cr-espinélio com pargasita	flogopita ilmenita wehrlito	harzburgito com bolsões de cpx
	In1-4	In1-3	In1-50	In1-33	In1-6	In1-12	In1-4	In1-3	In1-50	In1-6	In1-12
Li	1,25	0,96	1,61	1,84	1,22	1,63	n.d.	n.d.	1,38	n.d.	n.d.
Na	0,01	0,01	0,01	0,13	0,12	0,03	n.d.	n.d.	0,05	0,06	n.d.
Al	0,00	0,00	0,00	0,03	0,02	0,00	n.d.	n.d.	0,34	0,38	n.d.
P	n.d.	n.d.	1,59	10,97	2,74	n.d.	n.d.	n.d.	1,53	0,60	n.d.
Ca	n.d.	0,05	n.d.	0,09	0,07	n.d.	0,02	0,02	0,02	0,03	0,01
Sc	0,14	0,11	0,09	0,38	0,67	0,28	0,35	0,34	0,14	0,08	0,05
Ti	0,01	0,01	0,01	0,08	0,11	0,15	0,24	0,57	0,22	0,88	0,36
V	0,00	0,00	0,00	0,31	0,13	0,04	0,50	0,38	0,28	0,11	0,10
Cr	0,00	0,00	0,00	0,13	0,08	0,02	0,63	0,54	0,34	0,14	0,09
Mn	0,85	0,87	0,77	0,92	0,81	0,66	2,03	1,76	2,76	1,52	2,15
Co	2,89	2,49	2,85	2,01	2,31	2,65	3,28	2,71	4,25	2,57	3,50
Ni	4,51	4,42	5,84	2,81	2,97	5,69	3,13	2,63	3,38	2,07	2,24
Cu	n.d.	n.d.	n.d.	1,45	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	1,83	n.d.	n.d.
Zn	0,92	0,91	1,18	1,44	1,54	1,64	4,44	4,30	5,36	3,51	4,90
Rb	n.d.	n.d.	n.d.	38,57	n.d.	n.d.	n.d.	0,04	n.d.	0,78	1,45
Sr	0,04	n.d.	0,01	0,33	0,00	n.d.	0,08	0,00	0,03	0,03	0,00
Y	0,01	0,03	0,04	0,18	n.d.	0,04	0,06	0,08	0,02	0,03	0,01
Zr	n.d.	0,04	0,02	0,44	0,52	0,39	0,07	0,07	0,01	0,01	0,00
Nb	n.d.	0,54	n.d.	4,30	0,45	2,11	0,49	0,25	0,02	0,31	0,77
Cs	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Ba	n.d.	n.d.	0,01	3,75	n.d.	0,00	2,20	0,05	100,19	0,24	24,28
La	0,10	0,34	0,03	3,73	n.d.	0,10	2,32	0,05	0,01	0,08	0,00
Ce	0,46	n.d.	0,09	1,48	n.d.	n.d.	0,33	0,02	0,01	0,04	0,00
Pr	0,21	n.d.	n.d.	0,56	0,05	0,08	0,14	0,04	0,00	0,03	0,00
Nd	n.d.	0,57	n.d.	0,27	0,10	0,10	n.d.	0,02	0,00	0,02	0,00
Sm	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0,61	n.d.	n.d.	n.d.	0,00	0,02	n.d.
Eu	n.d.	1,20	n.d.	0,79	1,93	n.d.	n.d.	0,11	0,00	0,02	0,00
Gd	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0,13	n.d.	n.d.	0,01
Tb	n.d.	n.d.	n.d.	1,09	n.d.	0,21	0,06	0,14	0,01	0,03	0,01
Dy	0,35	1,84	0,51	0,43	n.d.	n.d.	0,03	0,04	0,01	n.d.	0,01
Ho	n.d.	n.d.	n.d.	0,22	0,26	0,41	0,05	0,13	0,02	0,05	0,01
Er	n.d.	0,13	0,51	n.d.	0,81	n.d.	0,09	0,22	0,03	0,04	0,01
Tm	0,08	n.d.	n.d.	0,60	n.d.	n.d.	0,13	n.d.	n.d.	0,19	0,02
Yb	n.d.	0,28	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0,12	0,34	n.d.	n.d.	0,04
Lu	n.d.	0,10	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0,20	0,82	n.d.	0,13	n.d.
Hf	0,12	0,21	n.d.	n.d.	0,66	n.d.	0,16	0,51	0,01	0,03	0,01
Ta	0,09	n.d.	n.d.	n.d.	0,70	1,13	4,58	1,29	n.d.	0,19	0,51
Pb	0,26	n.d.	0,32	1,98	0,96	0,68	1,04	n.d.	0,39	0,07	0,06
Th	n.d.	n.d.	1,48	1,63	n.d.	n.d.	0,75	1,31	0,01	0,30	n.d.
U	0,19	n.d.	n.d.	2,43	0,32	0,13	2,53	0,88	0,10	0,41	0,92

1. Metais de Transição e elementos de alta carga iônica (HFSE)

Os metais de transição (Ti, Cr, Co, Zn, Ni, Mn, Sc e V) e os HFSE estudados (Zr, Hf, Nb, Ta, Y, U, Th e Pb) tem ampla variação nas concentrações nos minerais de cada grupo de amostras estudado. Os elementos terras raras pesados (ETRP), que se enquadram no grupo HFSE serão descritos do item 3. deste capítulo.

Em **olivina** os mais altos níveis de Ti, Zn, V e Cr estão em peridotitos com espinélio. As amostras com anfibólio têm maiores quantidades de Ni e Zn e menores valores de Sc, V, Cr e Mn entre os peridotitos com espinélio. A olivina de xenólitos

com flogopita tem os maiores valores de Sc, Mn, e Zn, e Ti. A olivina amostra com titanato tem os maiores valores de Ti. A quantidade de Ni na olivina dos xenólitos é alta, exceto para a amostra com maior quantidade de clinopiroxênio (In1-6). As amostras com clinopiroxênio secundário apresentam a maior quantidade de Nb em olivina, e contêm quantidades menores de Sc, Mn e Co. A amostra de harzburgito com textura porfiroclástica em mosaico (In1-33) tem as maiores concentrações de V, Cr e Co, e Ti.

O **ortopiroxênio** em peridotitos com espinélio tem a maior quantidade de Al, Sc e V. Entre os peridotitos de espinélio, aqueles com pargasita tem os mais altos valores de Ti, Zr e Nb. Os xenólitos metassomatizados tem as maiores quantidades de Mn e Zn e menores quantidades de Al, Sc e Y. Mas o harzburgito com textura protogranular e com clinopiroxênio secundário tem os maiores valores de Nb e mais baixo Ti e Co. As amostras com textura porfiroclástica em mosaico (In1-33 e In1-1) têm ortopiroxênio com as maiores quantidades de metais de transição de todo o conjunto de amostras (Ti, Cr, Co, Ni e Cu).

Co e Ni são elementos que são preferencialmente de olivina a ortopiroxênio nos xenólitos mantélicos (Tabelas 11, 12 e 16), no entanto nas amostras com textura mosaico porfiroclástica e nas amostras com maior porcentagem de metassomatismo modal, que tem baixo mg# em olivina e ortopiroxênio, tem os menores coeficientes de partição para Co, Ni. O Zn é outro elemento que tem coeficientes de partição ol/opx maiores que 1, no entanto nas amostras que não sofreram metassomatismo críptico ou modal, as razões são pouco inferiores a 1 (0,91-0,92), levando à conclusão de que o Zn é sensível ao metassomatismo mantélico em olivina e ortopiroxênio.

Entre os silicatos analisados, **clinopiroxênio** é a fase mais enriquecida em metais de transição, especialmente os minerais metassomáticos. Os peridotitos com espinélio têm os menores valores de Cu, Zn. No entanto, as amostras contendo anfibólio tem ortopiroxênio com maiores valores de Sc, Ti, V, Cr, U, Zr, Nb, Hf e Ta. O clinopiroxênio de xenólitos portadores de flogopita têm os maiores valores de Mn, Co, Ni, Cu e Zn e os menores valores de Sc. O harzburgitos com clinopiroxênio secundário tem clinopiroxênio com maiores teores de Sc, Cr e Y, quantidades elevadas de Nb e Zr, e os menores valores de Ti e V. O clinopiroxênio de megacristal (Fo-3), comparado com clinopiroxênio dos xenólitos, que têm maiores teores de Co, Zn, Cu, e quantidades menores de Sc e V.

Apesar de conter quantidades pequenas, o clinopiroxênio tem quantidade de Pb, U e Th maior que em ortopiroxênio e em olivina, de modo que as maiores concentrações destes elementos ocorrem em clinopiroxênio nas amostras com **flogopita** e com **anfíbólio**, estes minerais são os silicatos mais ricos nestes elementos. O anfíbólio apresenta uma forte variação composicional do centro para a borda no conteúdo de Ta e Nb, com razão $Ta_N/Nb_N > 1$ no centro e $Ta_N/Nb_N < 1$ na borda. Esta variação (Tabela 15) resulta em desvios padrões relativos mais altos em ETRL em relação aos ETRP em pargasita. O clinopiroxênio da amostra In1-50, associado à borda de pargasita e com textura intersticial tem $Ta_N/Nb_N > 1$, sendo considerado aqui como o principal possível responsável pela redistribuição na borda da pargasita de Nb, Ta e ETRL (Figura 10C). A concentração de ETR em anfíbólio será discutida no item 3 deste capítulo.

Espinélio, Cr-espinélio e cromita têm metais de transição como componentes principais. Cristais de espinélio tem maiores teores de Ti, Zn, Zr e Pb e diminuição em Ni em relação ao Cr-espinélio. A cromita presente em amostras metassomatizada têm altos níveis de Ti, V, Mn, Y, Zr, Nb e menores níveis de Co e Zn em comparação com peridotitos com espinélio (Tabela 14).

Ilmenita e **titanato** têm concentrações muito elevadas de alguns metais de transição. A ilmenita tem os maiores valores de Mn, Co, Ni, Nb e Ta, enquanto que o titanato tem o maior Al, Cr, Zr, Hf, U e Pb (Tabela 14).

2. Elementos de alto raio atômico (LILE) e outros elementos

Neste item serão apresentadas as concentrações de LILE (Rb, Sr, Cs e Ba) e discutidas as concentrações de elementos de baixa carga iônica como Ca, Na em olivina e ortopiroxênio, que apesar de já terem sido discutidos no capítulo de química mineral, tem precisão analítica maior nos dados de LA-ICP-MS; e Li; além de P.

Olivina e ortopiroxênio são muito pobres em LILE (Tabelas 11 e 12), com exceção de alguns elementos terras raras leves em ortopiroxênio de poucas amostras, no entanto algumas análises acima do limite de detecção indicam pouco Rb em olivina de harzburgito com textura mosaico porfiroclático e Sr na amostra de harzburgito protogranular com clinopiroxênio secundário (In1-12). Os níveis mais elevados de Li em olivina são nas amostras com a textura porfiroclástica com mosaico e são menores na amostra com clinopiroxênio secundário. O ortopiroxênio do wehrlito polimítico tem

o valor mais alto de Sr e o harzburgito com clinopiroxênio secundário tem o maior teor de Ba.

As amostras que contêm anfibólio e os harzburgitos com textura mosaico-porfiroclástica (In1-33) tem as maiores concentrações de P em olivina, enquanto que os maiores teores de P em ortopiroxênio são encontrados no wehrlito polimítico. Os valores de P são maiores em clinopiroxênio estão em peridotitos com flogopita, enquanto os valores mais baixos estão em peridotitos com espinélio sem anfibólio.

As amostras de harzburgito com textura mosaico porfiroclástica (In1-1 e In1-33) tem os mais altos valores de Al, Ca e Na em olivina e Ca e Na ortopiroxênio, sugerindo percolação de fluido carbonatítico também nestas amostras, coerente com a diminuição de mg# relatada no capítulo de química mineral.

Estimativas de coeficiente de partição de ol/opx mostram que, em todas as amostras, as concentrações de Li e P são maiores em olivinas (Tabelas 11 e 16).

Se comparado com olivina e ortopiroxênio, o clinopiroxênio têm maiores quantidades de LILE (Tabelas 13 e 16), ao passo que a maior teor de Rb e Ba nas amostras se encontram em xenólitos com flogopita, e conteúdos mais altos de Cs e Sr estão em harzburgito com clinopiroxênio secundário (In1-12).

Flogopita e pargasita são os silicatos com maiores teores de LILE (Tabela 15). Já entre os óxidos, o titanato da amostra Lm1-1 também possui alto teor destes elementos, diferentemente de minerais do grupo do espinélio e ilmenita.

Concentrações anômalas de LILE em minerais de uma mesma amostra, indicados pelo alto desvio padrão relativo (Tabelas 6-10), sugerem a presença de microinclusões de flogopita ou barita.

3. Residência de Elementos Terras Raras (ETR)

Os elementos terras raras são elementos traço e as mais importantes ferramentas no estudo de processos de fusão parcial e metassomatismo. Na literatura que trata sobre rochas mantélicas, a grande maioria dos trabalhos adota a normalização pelo manto primitivo (PM) de McDonough & Sun (1995), que também será adotada neste trabalho, sendo N o símbolo adotado para se referir a um elemento normalizado (e.g. La_N , Y_N).

O conteúdo de ETR em **olivina** é geralmente abaixo dos limites de detecção, mas os poucos resultados obtidos indicam padrões enriquecido em elementos terras raras pesados (ETRP) em relação aos leves (ETRL), com La_N/Yb_N inferior a 0,1.

O **ortopiroxênio** também tem conteúdo de ETR baixo que, sendo em alguns casos inferiores ao limite de detecção (especialmente em Sm, Nd, Eu e Gd). Os padrões de ETR normalizados (PM) são variáveis com amostras com evidência de metasomatismo (In1-6 e In1-12) mostrando enriquecimento em ETRL, em contraste com um padrão aparente retilíneo em harzburgito com textura mosaico porfiroclástica (In1-1), e enriquecimento em ETRP nas amostras peridotíticos. No dunito granoblástico (In1-24a) o ortopiroxênio é empobrecido em ETR sendo ao redor ou inferior a 1x PM (La, Ce, Pr, e Nd, e Ho, Er, Yb e Lu).

O **clinopiroxênio** é o silicato que hospeda maior quantidade de ETR nos xenólitos estudados, com razões de ETRL 0,01-100x PM e ETRP 0,5-5x PM (Fig.10). Os padrões de ETR são fortemente variáveis, refletindo processos de fusão e metassomatismo, sendo que a maior diversidade de padrões de ETR está nos **peridotitos com espinélio**, evidenciando estes processos nestas amostras.

O padrão de razões de ETR em clinopiroxênio de lherzolito com espinélio da amostra In1-14a é praticamente plano, o conteúdo de ETRL e ETRP cerca de 10x o manto primitivo (Fig. 10A). O padrão de clinopiroxênio de lherzolito com espinélio In1-4 é semelhante à amostra In1-14a para ETRP, mas é drasticamente mais baixo em ETRL, atingindo valores abaixo de 0,1x o manto primitivo para La e Ce. Na amostra Lm1-17, também de lherzolito com espinélio, ETRP tem valores semelhantes à amostra In1-4, porém a partir do Dy ocorre uma queda na concentração dos ETR, em direção aos ETRL, mais acentuada. Padrões de baixo ETRL e alto ETRP não são esperados para clinopiroxênio de xenólitos de ambiente cratônico (Haggerty *et al.* 1995), porém são comuns em clinopiroxênio de xenólitos mantélicos abissais das dorsais meso-oceânicas (Bodinier & Godard 2003). O padrão de ETR de clinopiroxênio no harzburgito granoblástico (In1-3) é plano, mas com concentrações mais baixas de ETRL e ETRP em comparação com lherzolito com espinélio In1-14a (com padrão de ETR plano).

Evidências concretas de metassomatismo mantélico críptico em clinopiroxênio de peridotitos com espinélio são encontradas nas amostras Lm1-20 e In1-50. No harzburgitos com Cr-espinélio (Lm1-20) as razões de ETRP são maiores que 1, no entanto ocorre uma diminuição na concentração de ETR até Eu e Sm não atingirem o limite de detecção (0,1x PM), no entanto o Nd já apresenta teores acima do limite de

deteção e ocorre um aumento na razão de ETRL com razão máxima em La (4x PM). Em clinopiroxênio da amostra In1-50 há um padrão enriquecido em ETRL em relação aos ETRP, além de tem maiores concentrações de ETRL em relação aos cristais de peridotitos com espinélio sem anfibólio. Este padrão sugere que o clinopiroxênio desta amostra foi produzido por metassomatismo mantélico e está de acordo com seu contexto textural intersticial, relacionado as bordas de pargasita, com conteúdo de ETR semelhantes.

Padrões enriquecidos em ETRL em relação a ETRP e razões $La_N/Ce_N < 1$ são assinaturas características em todos os cristais de clinopiroxênio analisados em **peridotitos com flogopita e clinopiroxênio secundários**. No entanto, em relação ao clinopiroxênio de amostra de peridotito com Cr-espinélio e pargasita (In1-50), onde a proporção $La_N/Ce_N > 1$, o clinopiroxênio das amostras com metassomatismo modal difere, muito provavelmente devido a presença de pargasita.

Dentro do grupo dos xenólitos com flogopita e clinopiroxênio secundário, a amostra mais enriquecida em ETR é o harzburgito com textura protogranular e clinopiroxênio secundário (In1-12), com mais de 50x o manto primitivo (PM) de ETRL e razão ao redor de 5x o manto primitivo para ETRP (Fig.6). Este padrão é muito semelhante ao clinopiroxênio da amostra de ilmenita-flogopita-clinopiroxenito Klxm3 com priderita do kimberlito Limeira 1 descrito por Almeida *et al.* (2014). O clinopiroxênio da amostra de flogopita ilmenita wehrlito polimítico In1-6 tem também padrões paralelos ao da amostra In1-12, mas com razões inferiores de ETRL e de ETRP, respectivamente 7-20x PM e em torno de 0,5-1x PM (Figura 10B). Estas duas amostras têm em comum a grande variação no teor de ETR, que pode ser observada na Tabela 8 observado pelo alto desvio padrão relativo. O padrão de enriquecimento em ETRL de clinopiroxênio também é verificado nas amostras de dunito com bolsões de flogopita contendo clinopiroxênio, cromita e titanato (ETRL~12xPM e ETRP~1xPM; Lm1-1), flogopita dunito com bolsões de flogopita com cromita e ilmenita (ETRL~8xPM e ETRP~0,5xPM; In1-2) (Figura 10B). As razões de ETR/PM da amostra Lm1-1 é praticamente idêntico ao da amostra de dunito com bolsões de flogopita com cromita e titanatos (amostra Klxm2) do kimberlito Limeira descrito por Almeida *et al.* (2014).

O **megacristal** de clinopiroxênio (amostra Fo-3) tem razões de ETRL maiores que os ETRP em padrão muito similar ao da amostra de flogopita ilmenita wehrlito polimítico (In1-6), sugerindo que esta amostra sofreu metassomatismo em condições similares aos xenólitos com flogopita e clinopiroxênio secundário estudados.

Nos diagramas com razões Clinopiroxênio/manto primitivo para multielementos, correspondentes às Figuras 10C e 10D, é possível observar certa uniformidade entre LILE e HFS em xenólitos metassomatizados em relação aos peridotitos com espinélio e Cr-espinélio. Além do enriquecimento relativo em ETRL, ocorrem anomalias negativas de Nb, Pb, P, Zr e Ti em todas as amostras de peridotitos metassomatizados, no entanto na amostra In1-12 (harzburgito com clinopiroxênio secundário) destaca-se como tendo as mais altas razões de ETR e as menores razões de Ti. A amostra com titanato, também tem razões altas de ETR, porém menor que In1-12, e apresenta juntamente com a amostra de flogopita ilmenita wehrlito as maiores razões de Rb, Ba, U e Th. A amostra com titanato tem as maiores razões de Hf do conjunto, provavelmente devido a presença do titanato, que contribui para que Ti seja maior que em outras amostras metassomatizadas. O megacristal tem as maiores razões de Ti do conjunto e os menores valores de ETR.

A projeção dos dados de clinopiroxênio de todas as amostras estudadas em diagrama de razões Ti/Eu vs. La/Yb_N proposto por Coltorti *et al.* (1999; Figura 10F) sugere que, exceto para peridotitos com espinélio sem anfibólios e megacristal (Fo-3), todo o clinopiroxênio estudados teriam origem por metassomatismo de caráter predominantemente carbonatítico, com maior influência deste processo nas amostras que apresentam menor proporção de Ti/Eu, como harzburgito protogranular com clinopiroxênio secundário (In1-12). A amostra Lm1-20, ao contrário, mostra evidências de que a geração do clinopiroxênio passou por processo de metassomatismo silicático devido a baixa razão La/Yb e a altíssima razão Ti/Eu. Já o megacristal possivelmente seria resultante de um processo conjugado de metassomatismo com fontes carbonatíticas e silicáticas, a maior proporção de Al e de elementos de transição corroboram o processo de metassomatismo silicático.

Os ETR em **pargasita** tem padrão enriquecido em ETRL cerca de 30-80X PM. Nas análises da borda dos cristais de pargasita ocorre uma diminuição na concentração de ETRL em relação ao centro dos cristais nas duas amostras analisadas, para núcleo e borda a proporção de ETRP é similar variando de ~10xPM para Gd e ~1xPM para Lu (Figura 10E).

O **titanato** de série mathiasita-loverengita tem a maior concentração de terras raras nos minerais analisados nos xenólitos (> 100X PM). Apresenta um padrão ETRL enriquecido, e, portanto, pode desempenhar um papel importante nos processos de

fracionamento no manto (Tabela 14). Já os dados de ETR em **ilmenita** têm conteúdo abaixo do limite de detecção.

- ◇ □ ○ Lherzolitos e harzburgitos com espinélio ◆ ■ Harzburgitos e dunitos com Cr-espinélio ▲ Harzburgito com Cr-espinélio e pargasita
 ■ ▲ Peridotitos com flogopita ◆ Peridotitos com flogopita e titanato ● Harzburgito com bolsões de clinopiroxênio ● Megacrystal

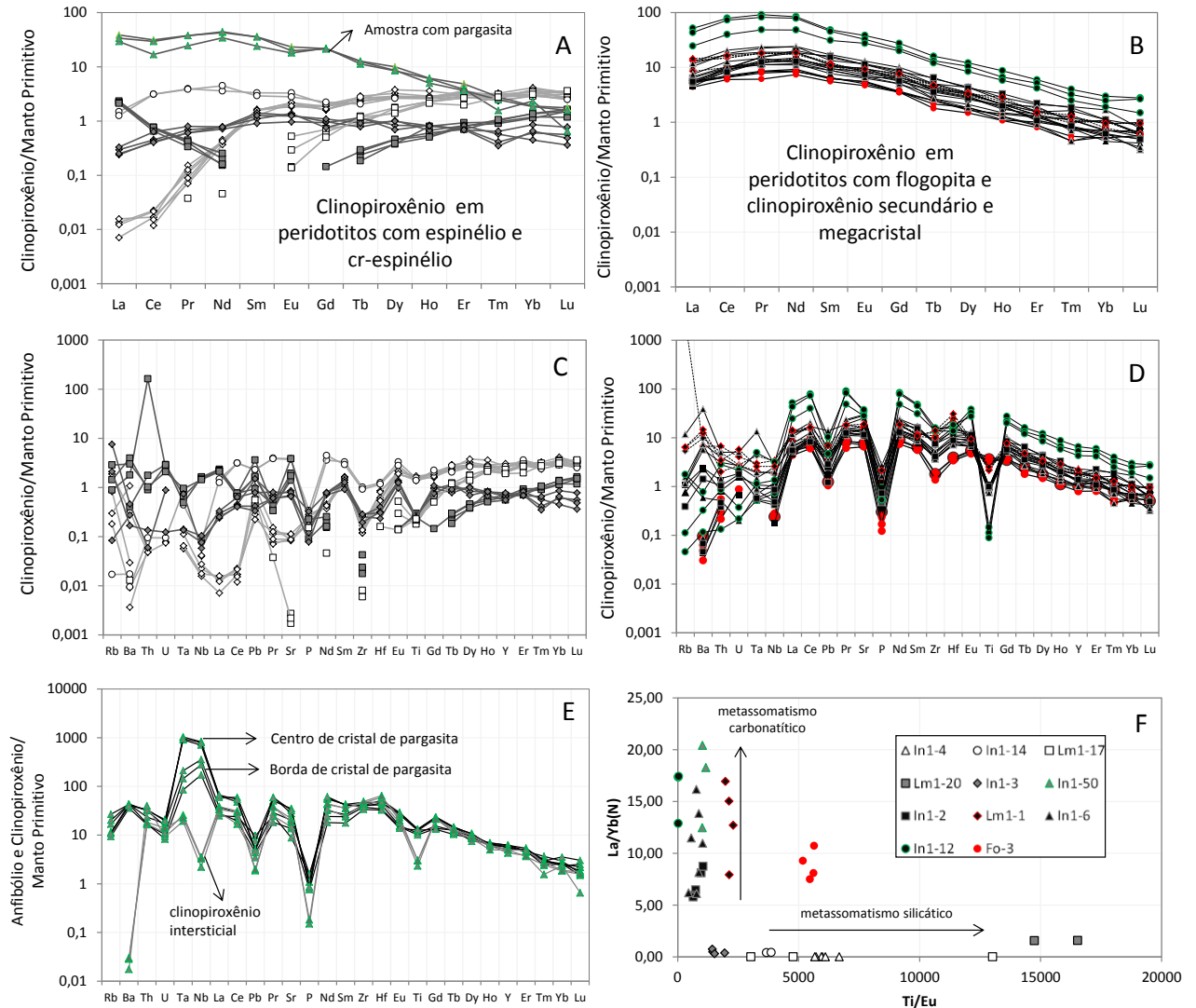


Figura 10- Diagramas representativos de elementos traço em clinopiroxênio e anfíbólio de xenólitos mantélicos. Padrões de ETR em clinopiroxênio, normalizados pelo manto primitivo de Sun & McDonough (1995): A- peridotitos com espinélio e Cr-espinélio; B- peridotitos metassomatizados. Padrões de LILE e HFS de clinopiroxênio (ou anfíbólio) normalizados pelo manto primitivo de Sun & McDonough (1995): C- peridotitos com espinélio e Cr-espinélio; D- peridotitos metassomatizados; e E- peridotitos com Cr-espinélio e anfíbólio. F- composição de Ti/Eu vs. La_N/Eu_N em clinopiroxênio projetadas em diagrama discriminante de metassomatismo carbonatítico e matassomatismo silicático de Coltorti *et al.* (1999), com as legendas dos códigos das amostras estudadas.

3.1. Inferências sobre fusão parcial com base na composição do clinopiroxênio

Processos de enriquecimento metassomático e processos de empobrecimento por fusão parcial no manto superior podem ser estimados pela composição de elementos traço. Análises de rocha total podem dimensionar esses processos, porém análises *in situ* de minerais constituem uma ferramenta mais confiável, pois evita eventuais porções contaminadas relacionadas a limites entre grãos (Bianchini *et al.* 2007). Para identificar os processos de fusão parcial e estimar suas condições de equilíbrio e graus de fusão, foram utilizadas as equações de Norman (1998), assumindo que o clinopiroxênio é o principal hospedeiro de elementos traço (principalmente ETR) na fase sólida residual.

As equações têm como base os seguintes parâmetros:

C_{cpx} - concentração do elemento traço no diopsídio residual.

C_0 - composição inicial da fonte = 3 x condrito carbonáceo C1 de Anders & Grevesse (1989).

X_{cpx} - fração molar de diopsídio na fonte (assume-se 0,2).

f - grau de fusão parcial.

D_{cpx} - coeficiente de distribuição cristal/líquido do elemento traço no diopsídio.

Os elementos Y e Yb geralmente tem incompatibilidade com a composição de fluidos ou fundidos metassomáticos, portanto são amplamente utilizados para estimativas de fusão parcial (e.g. Norman 1998, Beard *et al.* 2007). Foram utilizados os mesmos valores de Norman (1998) para D_{cpx} para os elementos Y (0,42) e Yb (0,40).

As equações de Norman (1998) são:

$$C_{cpx} = (D_{cpx} * C_0) / (D_{cpx} * X_{cpx} * (1 - f) + f) \quad \text{para fusão em equilíbrio}$$

$$C_{cpx} = (C_0 / X_{cpx}) * (1 - f) [1 / D_{cpx} * X_{cpx}] - 1 \quad \text{para fusão fracionada}$$

A Figura 11 mostra os teores de Y e Yb normalizados por 3X o condrito de Anders & Grevesse (1989) dos cristais de clinopiroxênio dos xenólitos analisados, seguindo as equações de Norman (1998) para fusão em equilíbrio e fusão fracionada. A projeção destes dados permite as seguintes observações:

- a) Os dados de clinopiroxênio em peridotitos com espinélio projetam pouco acima das curvas das equações determinadas por Norman (1998), sendo de 7-15% de fusão para o modelo em equilíbrio e 5-8% para o modelo de fracionamento.
- b) Para os peridotitos com Cr-espinélio sem anfibólio as composições de clinopiroxênio projetam na porção da curva que equivale a mais de 50% de fusão para o modelo em equilíbrio e 15-20% para o modelo de fracionamento. Tais dados são consistentes com o caráter mais residual desses xenólitos.
- c) No peridotito com anfibólio, os dados projetaram abaixo das curvas. Nas amostras de harzburgitos com clinopiroxênio secundário e no dunito com anfibólio a porcentagem de fusão é <1 a 3% de fusão para ambos os modelos.
- d) Nas demais amostras é de 15 a >50% de fusão para o modelo em equilíbrio e 8 a 18% para o modelo de fracionamento.

Os dados de peridotitos com espinélio e Cr- espinélio situam-se acima da curva significa e, portanto, tem maior razão Yb/Y. Somente a amostra In1-3 tem razão Yb/Y mais baixa, e é projetada praticamente na curva de Norman (1998), mas de qualquer modo ela está próxima de Lm1-20 e tem Yb/Y mais alto que as demais amostras do conjunto (com metassomatismo modal).

Os dados de clinopiroxênio em xenólitos metassomatizados e megacrystal projetam abaixo da curva, ou seja, tem menor razão Yb/Y em relação as amostras com espinélio. O grupo principal de amostras metassomatizadas (contendo flogopita), guardam composições do clinopiroxênio que indicam alto grau de fusão, sugerindo: 1- que já existia um clinopiroxênio pretérito que teria sofrido fusão parcial antes do processo de metassomatismo; ou 2- que houve um processo de metassomatismo acompanhado por fusão parcial. Quanto ao clinopiroxênio das amostras de harzburgito com clinopiroxênio secundário (In1-12) e com pargasita (In1-50), a explicação seria que o alta razão de Y e, em menor proporção, de Yb seria devido ao enriquecimento secundário por metassomatismo carbonatítico.

É possível que um eventual processo de fusão parcial de uma rocha tal como o harzburgito com clinopiroxênio secundário (In1-12), gerasse um clinopiroxênio com composição semelhante ao clinopiroxênio dos outros xenólitos metassomatizados. Esta hipótese poderia explicar porque as razões de ETR são bem mais altos no clinopiroxênio secundário da amostra In1-12, em relação às outras amostras metassomatizadas.

- ◇ □ ○ Lherzolitos e harzburgitos com espinélio ◇ ▣ Harzburgitos e dunitos com Cr-espinélio ▲ Harzburgito com Cr-espinélio e pargasita
 ■ ▲ Peridotitos com flogopita ◆ Peridotitos com flogopita e titanato ● Harzburgito com bolsões de clinopiroxênio ● Megacristal

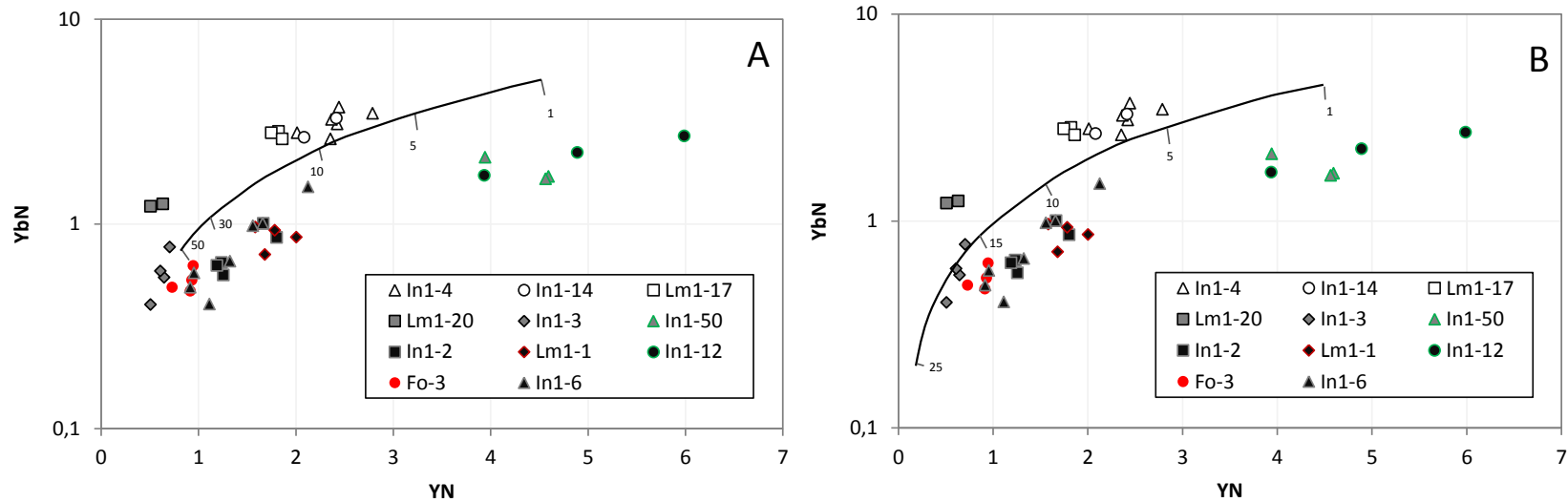


Figura 11- Razões Y_N vs. Yb_N de cristais de clinopiroxênio projetadas em curvas geradas por modelamentos de fusão em equilíbrio (A) e fracionada (B). Calibração de Norman (1998). Dados normalizados ao manto primitivo (3 x condrito de Anders & Grevesse 1989).

Capítulo VII- Isótopos de Sr

A composição química do clinopiroxênio, além de guardar informações importantes de petrogênese, como fusão parcial e metassomatismo, ainda pode ser usada para determinações isotópicas. Concentrações de Sr em clinopiroxênio (74-740 ppm) em peridotitos metassomatizados e em lherzolito com epinélio (In1-14a), são suficientes para a medição de razões isotópicas $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ por LA-MC-ICPMS. Por outro lado, olivina, ortopiroxênio e minerais do grupo do espinélio têm quantidades de Sr muito baixas (0-22 ppm), que não permitem a análise da razão isotópica $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ (Tabela 8- Capítulo VII).

Foram selecionadas as amostras de lherzolito protogranular com espinélio (In1-14a), o flogopita ilmenita wehrlito polimítico (In1-6) e o harzburgito protogranular com clinopiroxênio secundário (In1-12), todos da intrusão kimberlítica Indaiá 1. A Tabela 17 mostra as razões de Sr e seus erros calculados. Considerando que dados confiáveis tem Rb/Sr menores que 0,02 (Segal *et al.* 2003), as análises G3, G3 2 e G2 TRY 2 na amostra In1-12 não foram consideradas. As análises G3 #3 e G3 #2 em cristais de clinopiroxênio da amostra de lherzolito com espinélio (In1-14) também não foram consideradas, pois estão com invariantes (razões $^{84}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ e $^{84}\text{Sr}/^{88}\text{Sr}$) distintas do esperado, portanto não confiáveis.

As razões mais baixas de Sr se encontram na amostra de lherzolito com espinélio In1-14a, com 0,7029. As outras duas amostras, com evidências texturais e químicas de metassomatismo exibem razões $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ mais radiogênicas, variando entre 0,7061 e 0,7102 no flogopita ilmenita wehrlito (In1-6) e entre 0,7064 e 0,7147 no harzburgito com clinopiroxênio secundário (In1-12).

A amostra In1-6 apresenta cristais de clinopiroxênio amarelados, com as razões mais baixas de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ da amostra, em torno de 0,7061-0,7064. Razões entre 0,7066 e 0,7079 ocorrem em cristais com coloração mais tonalidade mais clara (verde claro). Nesta mesma amostra a análise com a maior razão (0,7102) ocorre em contato com flogopita. Aparentemente, os núcleos de G1 1 (0,7061-0,7064) são um pouco menos radiogênicos que G1 2 (0,7066-0,7073). Mas deve-se levar em conta variações de Rb/Sr paralelas a aumentos de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$. As demais análises mostram-se mais radiogênicas, ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}=0,708-0,710$).

Já na amostra In1-12, as análises com mais baixa razão $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ (0,7064-0,7091) se encontram em bordas e fraturas de clinopiroxênio, as demais análises estão em porções centrais dos cristais, entre 0,7103-0,7147.

Tabela 17- Razões isotópicas de Sr nas amostras de peridotito com espinélio (In1-14), xenólito polimítico (In1-6) e harzburgito com clinopiroxênio secundário (In1-12). A tabela apresenta os dados completos de todas as análises efetuadas de modo que as com cor cinza são foram rejeitadas neste trabalho, por não apresentarem boas invariantes ou por apresentarem alta razão Rb/Sr.

In1-14^a				
	87/86	84/86	84/88	Rb/Sr
G3 #3	0,703016	0,048349	0,005773	0,0006
std error 2s	0,000958	0,00077	0,000700	0,0002
G3 #2	0,703496	0,042954	0,005129	0,0016
std error 2s	0,000794	0,000637	0,000076	0,0007
G3 #1	0,702964	0,058506	0,006986	0,0014
std error 2s	0,000856	0,001022	0,000122	0,0007
In1-12				
	87/86	84/86	84/88	Rb/Sr
G1 2 centro	0,710266	0,055910	0,006676	0,0087
std error 2s	0,000484	0,000078	0,000009	0,0014
G1 borda	0,708628	0,056285	0,006720	0,0066
std error 2s	0,000231	0,000079	0,000009	0,0005
G3 com carbonato	0,776327	0,055470	0,006623	0,1145
std error 2s	0,000566	0,000092	0,000011	0,0174
G3 2	0,828184	0,055565	0,006634	0,2781
std error 2s	0,002684	0,000136	0,000016	0,0362
G3 1	0,710287	0,055081	0,006577	0,0077
std error 2s	0,000566	0,000072	0,000009	0,0008
G2 TRY5 (2) centro	0,714734	0,055962	0,006682	0,0148
std error 2s	0,000912	0,000081	0,000010	0,0019
G2 TRY4 borda	0,709171	0,056215	0,006712	0,0101
std error 2s	0,000513	0,000048	0,000006	0,0014
G2 TRY3 centro	0,710552	0,055748	0,006656	0,0116
std error 2s	0,000700	0,000052	0,000006	0,0013
G2 TRY2 centro	0,713506	0,056515	0,006748	1,6440
std error 2s	0,00139	0,000060	0,000007	0,8359
G2 borda	0,706462	0,055821	0,006665	0,0027
std error 2s	0,000233	0,000036	0,000004	0,0004
In1-6				
	87/86	84/86	84/88	Rb/Sr
G1 2 3 borda, próximo a flogopita	0,710159	0,055708	0,006652	0,0078
std error 2s	0,000262	0,000127	0,000015	0,0005
G1 2 2 centro	0,706636	0,056101	0,006698	0,0017
std error 2s	0,000186	0,000146	0,000017	0,0002
G1 2 1 centro	0,707347	0,055487	0,006625	0,0044
std error 2s	0,000491	0,000282	0,000034	0,0007
G1 1 4 contato com ilmenita	0,707915	0,055763	0,006658	0,0043
std error 2s	0,000297	0,000101	0,000012	0,0007
G1 1 3 borda de cristal amarelado	0,706170	0,054027	0,006451	0,0010
std error 2s	0,000250	0,000179	0,000021	0,0003
G1 1 2 centro de cristal amarelado	0,706389	0,055286	0,006601	0,0013
std error 2s	0,000225	0,000107	0,000013	0,0002
G1 1 centro de cristal amarelado	0,706090	0,054452	0,006502	0,0007
std error 2s	0,000158	0,000148	0,000018	0,0002

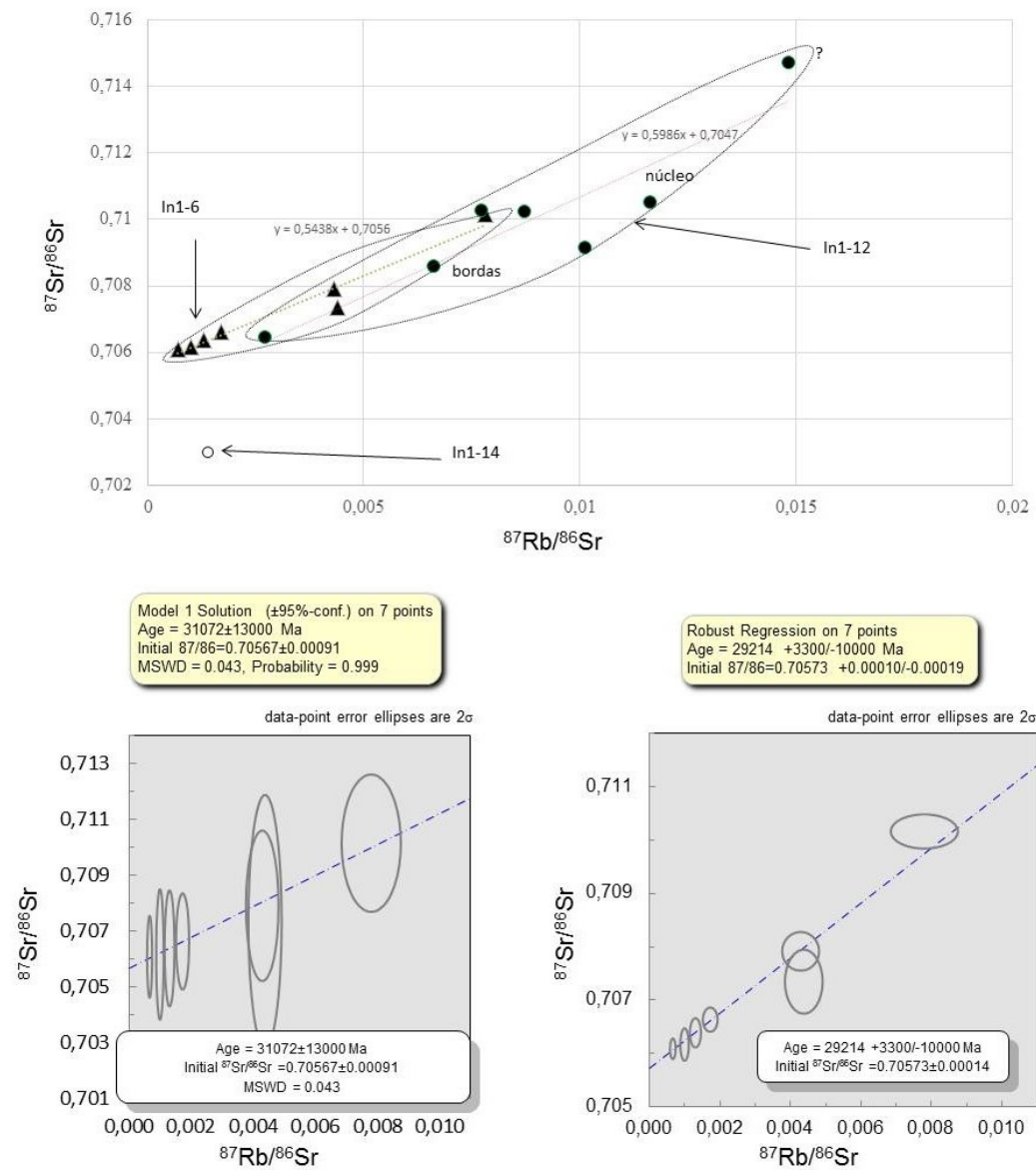


Figura 12- Projeção das razões de $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ e $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ obtidas por LA-MC-ICP-MS em cristais de clinopiroxênio das amostras amostras de peridotito com espinélio (In1-14), flogopita ilmenita wehrilito (In1-6) e harzburgito com clinopiroxênio secundário (In1-12), com o cálculo da isócrona para a amostra In1-6.

As diferenças intra-amostras podem ser explicadas por pequenas inclusões de flogopita nos pontos de análises (juntamente com o aumento paralelo da razão Rb/Sr).

Embora haja evidentes correlações positivas entre $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ x $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ (Figura 12), as mesmas não possuem significado geocronológico, pois a inclinação obtida corresponderia a idades da ordem de 30 Ga para a amostra In1-6 (Figura 12). Como a amostra In1-12 gerou inclinação semelhante, é assumido que estas idades anômalas seriam encontradas também nesta amostra. Dados de elementos traços em clinopiroxênio das amostras analisadas tem Rb entre 0-7 ppm, enquanto que Sr varia de 230-740 ppm, com conseqüente variação da razão Rb/Sr entre 0,0007-0,0148. Isso mostra que o controle da razão $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ estaria “tamponado” e apenas aportes massivos de material altamente radiogênico teriam efeito sobre a razão $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ dos cristais analisados.

As razões iniciais $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}_i$ das análises são praticamente os mesmos que os valores obtidos nas análises, já que o valor da razão Rb/Sr é inferior a 0,02 em todas as análises consideradas neste estudo.

É a primeira vez que são descritas razões Sr para clinopiroxênio de xenólitos mantélicos do Alto Paranaíba, as razões obtidas em clinopiroxênio de amostras metassomatizadas tem composições mais radiogênicas que as rochas da APIP ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}=0,705-0,706$) (Meyer *et al.* 1991, Gibson *et al.* 1995, Bizzi *et al.* 1995, Guarino *et al.* 2013 e Felgate 2014). Estudos de isótopos radioativos em xenólitos mantélicos do Cráton São Francisco, até agora, somente foram abordados em Carlson *et al.* (2007; Re-Os em rocha total) e em Costa (2012; Sm-Nd em granada, clinopiroxênio e rocha total). Carlson *et al.* (2007) apresenta dados de $^{187}\text{Os}/^{188}\text{Os}=0,1057-0,1149$ e idade *Re-depletion* de 1,9 a 3,2 Ga em peridotitos (sendo os peridotitos com espinélio mais antigos) apontando para um manto Arqueano empobrecido.

Já Costa (2012) apresenta dados isotópicos de peridotitos e piroxenitos com granada e eclogitos do kimberlito Canastra 1 de razões $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}=0,5118-0,5130$ em clinopiroxênio e de 0,5123-0,5143 em granada, com idades TDM de 0,03-3,03Ga. As amostras de granada peridotitos tem as maiores razões de $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ (0,5126-0,5130) em clinopiroxênio, com idades modelo inferiores a 0,93Ga, enquanto que piroxenitos com anfibólio (granada websteritos) tem as razões mais baixas (0,5118) em clinopiroxênio com idade modelo de 2,95 a 3,03. A autora ainda apresenta isócrona

(com dados de granada, clinopiroxênio e rocha total) para o piroxenito com anfibólio de 1,5Ga, e compara esta idade a interpretação proposta por Carlson *et al.* 2007, que sugere que um componente pobre em olivina foi infiltrado no manto litosférico empobrecido entre 900 e 1700 Ma, e que fusão da mistura destes dois componentes geraria os magmas da APIP. No entanto, as próprias idades isocrônicas obtidas em algumas amostras granada peridotitos (107-127 Ma), sugere interferência do processo de metassomatismo mantélico de idade cretácea nos xenólitos, de modo que a idade isocrônica do piroxenito com anfibólio pode ser uma “mistura” entre as idades dos peridotitos arqueanos e os processos de metassomatismo e magmatismo do Cretáceo.

A assinatura radiogênica registrada nos cristais de clinopiroxênio de xenólitos metassomatizados requer componentes de origem crustal (Zindler & Hart 1986), o que teriam sido levados ao manto por subducção: 1- no Arqueano; 2- no Proterozóico, como defende Carlson *et al.* (2007). No entanto, o estudo de Rocha *et al.* (2011) sobre tomografia de ondas P e S identifica anomalias profundas sob a plataforma sulamericana com geometria que sugere a presença de material subductado da placa de Nazca sob o Craton São Francisco.

Capítulo VIII- Discussão integrada dos dados

A tipologia de xenólitos geralmente está ligada ao ambiente tectônico e ao tipo de rocha vulcânica em que eles são encontrados. Websteritos, wehrlitos e piroxenitos são comuns em álcali basaltos; por outro lado, suítes empobrecidas como harzburgitos e dunitos são mais abundantes em kimberlitos. Xenólitos que sofreram processos de enriquecimento metassomático são comuns em ambos os tipos de eruptivas, assim como os lherzolitos (Haggerty, 1995). Estes últimos, de baixa pressão (com espinélio) ou alta pressão (com granada), são os tipos mais férteis, ou seja, são capazes de produzir magmas basálticos com alto Ca, Al e Fe; os lherzolitos considerados primitivos são aqueles que contêm pelo menos 15% de clinopiroxênio (Le Roux *et al.* 2007, Sun & McDonough 1989, McDonough & Sun 1995).

Segundo Carlson *et al.* (2007) os xenólitos de peridotito presentes nas rochas vulcânicas alcalinas da região do Alto Paranaíba são geralmente empobrecidos em Ca, Al e Fe, indicando que são resíduos de extração de magmas produzidos por fusão parcial. De acordo com esses autores, idades modelo de empobrecimento de Re de 2,4 Ga para estes peridotitos indicam que esta área repousa sobre um manto litosférico empobrecido arqueano.

Nos corpos Indaiá 1, Limeira 1 e Forca a maioria dos xenólitos correspondem a peridotitos, predominantemente harzburgíticos, e flogopititos, mostrando que estes corpos de fato acompanham uma composição modal de litotipos xenolíticos semelhante à descrita na literatura para kimberlitos. Do mesmo modo, é característico o empobrecimento em Ca, Al, Fe, que pode ser verificado pela óbvia escassez de clinopiroxênio nos harzburgitos, e pelo fato de este mineral já ser empobrecido em Al e Fe quando presente nestas rochas. A diversidade de texturas nos xenólitos reflete uma amostragem pelo kimberlito de zonas com diferentes condições geobarométricas, além das modificações provocadas pela passagem de fluidos metassomáticos, que afetaram as características originais da rocha.

Boa parte das amostras estudadas neste trabalho são portadoras de espinélio ou Cr-espinélio, representando a porção do manto litosférico mais rasa (fácies espinélio). Esta população de xenólitos pode ser dividida em três tipos principais:

-Lherzolitos e harzburgitos com textura protogranular com espinélio castanho-avermelhado, representando as amostras mais ricas em clinopiroxênio primário e conseqüentemente mais enriquecidas em componentes férteis como Ca, Fe e Al;

-Harzburgitos e dunitos com textura transicional a equigranular com espinélio castanho-escuro (mais enriquecido em Cr e empobrecido em Al, em relação ao tipo anterior), representando porção do manto que sofreu maior fusão parcial;

-Harzburgitos e dunitos com textura equigranular com espinélio castanho escuro e anfibólio pargasítico idiomórfico em equilíbrio textural (contatos de 120°) com os outros minerais, que sugere metassomatismo mantélico e posterior recristalização da rocha.

As diferenças texturais destas amostras indicam graus variados de deformação no manto, de modo que as amostras protogranulares (lherzolitos e harzburgitos com espinélio) seriam o correspondente mais próximo de uma rocha ígnea original, que foi um pouco deformada, segundo o que sugere a presença de *kink bands* (Mercier & Nicolas 1975). Já as amostras granoblásticas (harzburgitos e dunitos com Cr-espinélio) seriam resultado de um processo que deformação maior, resultando em recristalização. Este processo pode ter sido acompanhado de fusão parcial, já que existe uma nítida correlação entre a textura, mineralogia e química mineral, ou seja, amostras mais empobrecidas têm cristais menores e contatos mais regulares entre os grãos que os xenólitos considerados mais férteis. A pargasita somente ocorre nos xenólitos portadores de Cr-espinélio, na forma de cristais idiomórficos, e poderia perfeitamente ser resultado da cristalização de líquido residual que não migrou durante este processo. No entanto, é provável que processos de metassomatismo mantélico posteriores tenham alterado a composição do anfibólio. Verifica-se diferença entre elementos traço em cristais de anfibólio, sendo o núcleo significativamente mais rico em ETRL, Ta e Nb. As concentrações de ETRL das bordas de anfibólio são muito similares às do clinopiroxênio secundário (Figura 10C), sugerindo que a composição do anfibólio foi alterada pelo líquido que gerou o clinopiroxênio.

Os xenólitos com metassomatismo modal têm variadas proporções de minerais entre os bolsões das diferentes amostras. A maior parte destes xenólitos apresenta flogopita em abundância, com clinopiroxênio secundário associado comum. O mineral opaco mais frequente neste grupo de amostras é a cromita, porém em diversas amostras ocorre a substituição deste mineral por ilmenita ou mathiasita. Nos contatos entre ilmenita e silicatos são frequentes bordas de perovskita, e mais raramente granadas da

série da moromotoíta (Nannini 2011). Nestas amostras, parte dos cristais de olivina e de ortopiroxênio têm alto $mg\#$, indicando que ocorreu um importante processo de fusão parcial. Já amostras com maior proporção de minerais metassomáticos têm olivina e ortopiroxênio com baixo $mg\#$, e geralmente têm coloração amarelada. Praticamente todos os cristais de clinopiroxênio destas amostras apresentam baixo Al e enriquecimento em ETRL, distintos dos clinopiroxênios das amostras portadoras de espinélio ou Cr- espinélio.

Uma explicação para o metassomatismo modal destas amostras é a presença de líquidos silicáticos e carbonatíticos que interagiram com o manto litosférico empobrecido (como indicado pela ausência de minerais ricos em Al e Fe), sendo o componente silicático responsável pela formação de minerais ricos em LILE, como a flogopita e ricos em titânio como a mathiasita-loveringita, enquanto que o componente carbonatítico seria responsável pela formação de clinopiroxênio secundário pela reação com ortopiroxênio, liberando CO_2 (Russell *et al.* 2010).

A ausência de granada nestas amostras não impede que as amostras com metassomatismo modal estejam em fácies granada. Considerando que a passagem de espinélio a granada em peridotitos ocorre no sistema $CaO-MgO-Al_2O_3-SiO_2$ perto de 15 kbar a 1200 K (926,85°C) e cerca de 20 kbar para 1600 K (1326,85°C) (Jenkins e Newton, 1979), a substituição de metade do Al_2O_3 por Cr_2O_3 aumenta a pressão em cerca de 16 kbar (MacGregor 1974, Wood 1977), e a substituição total do Al_2O_3 resulta em um incremento de ~ 28 kbar (O'Neill 1981), pode-se dizer que as cromitas, presentes em grande parte das amostras estudadas podem ser estáveis até 48 kbar em fácies granada.

A rocha vulcânica da intrusão kimberlítica Forca é a única amostra estudada portadora de macrocristais de granada (piropo). A classificação dos corpos Indaiá 1, Limeira 1 e Forca 1 como kimberlitos do tipo I, devido à sua mineralogia marcada por macrocristais de olivina de alto $mg\#$, ilmenita com alto Mg, presença de monticellita em abundância (Tappe *et al.* 2005), implica que a geração destes magmas tenha sido no campo de estabilidade da granada (Shirey *et al.* 2013). Além disso, Guarino *et al.* (2013) fizeram estimativas de pressão da geração destes magmas através da projeção do diagrama de Gudfinnsson & Presnall (2005), obtendo valores de com cerca de 50 kbar (pouco acima de 150 km, ~80 km dentro da zona da granada) para Indaiá 1 e Limeira 1, Uma alternativa para a ausência de granada nestas intrusões seria o metassomatismo

através da substituição granada + líquido rico em K= flogopita + cromita (Erlank *et al.* 1987), no entanto não foram encontradas evidências texturais desta reação.

Os xenólitos com texturas em mosaico e fluidal, como as amostras In1-1 e In1-33, correspondem às amostras de alta temperatura, descritas na literatura (Boyd 1987) como associadas zonas com maior fluxo térmico mais alto no manto litosférico ou na astenosfera. Neste trabalho, foi identificado metassomatismo críptico, indicado pelos altos teores de Ti, Ca e Na e ETRL nos cristais de olivina e ortopiroxênio destas amostras.

Os dados das idades das intrusões alcalinas da APIP pelo método U-Pb em perovskita (Sgarbi *et al.* 2004, Guarino *et al.* 2013 e Felgate 2014), mostram que os kimberlitos tendem a ser mais antigos (80-99 Ma) que os kamafugitos/lamproítos (72-84 Ma). Datações pouco mais antigas de macrocristais de flogopita (Rb/Sr; 118-120 Ma) nas intrusões denominadas Japecanga-6, Sucesso-1 e Canastra-1 (Bizzi *et al.* 1995, Pereira & Fuck 2007) indicam que os minerais de origem metassomática no manto, tal como a própria flogopita, tenham idades mais antigas (cerca de apenas 10-20 Ma após o magmatismo basáltico da bacia do Paraná) que as idades de intrusão dos kimberlitos. Por outro lado, macrocristais de zircão analisados por Basei *et al.* (2003) tem idades semelhantes (80-85 Ma) as obtidas em perovskita, como indicado no início deste parágrafo.

A Figura 13 esboça um modelo de metassomatismo e magmatismo no manto da região do Alto Paranaíba, baseado em estudo de Carvalho (1997) de química mineral e geotermobarometria de xenólitos mantélicos com espinélio e com granada na APIP. Os dados de peridotitos protogranulares com granada da intrusão Três Ranchos 4 (em Goiás, a cerca de 50 km a NW das intrusões Indaiá 1 e Limeira 1) projetam em intervalo de 50-60 kbar e 900-100°C, compatível com a geoterma de 36 mW/m² segundo o modelo cratônico de Polack & Chapman (1977). Carvalho (1997) considera ainda que outras amostras com granada desta intrusão com textura porfiroclástica e mosaico porfiroclástica resultam em dados de geotermobarometria entre 40-60 kbar e 1000-1400°C, sugerindo geotermas mais quentes (>40mW/m²). A geoterma de Pollack & Chapman (1977) foi adotada nesta tese por ser compatível com região cratônica fria, tal qual esperado para o Cráton do São Francisco antes do incremento no valor geotérmico, atribuído aos processos de magmatismo e metassomatismo no cretáceo. É estimado que atualmente a geoterma varia de 40 a 50mW/m² na região do Alto Paranaíba, segundo Alexandrino (2008).

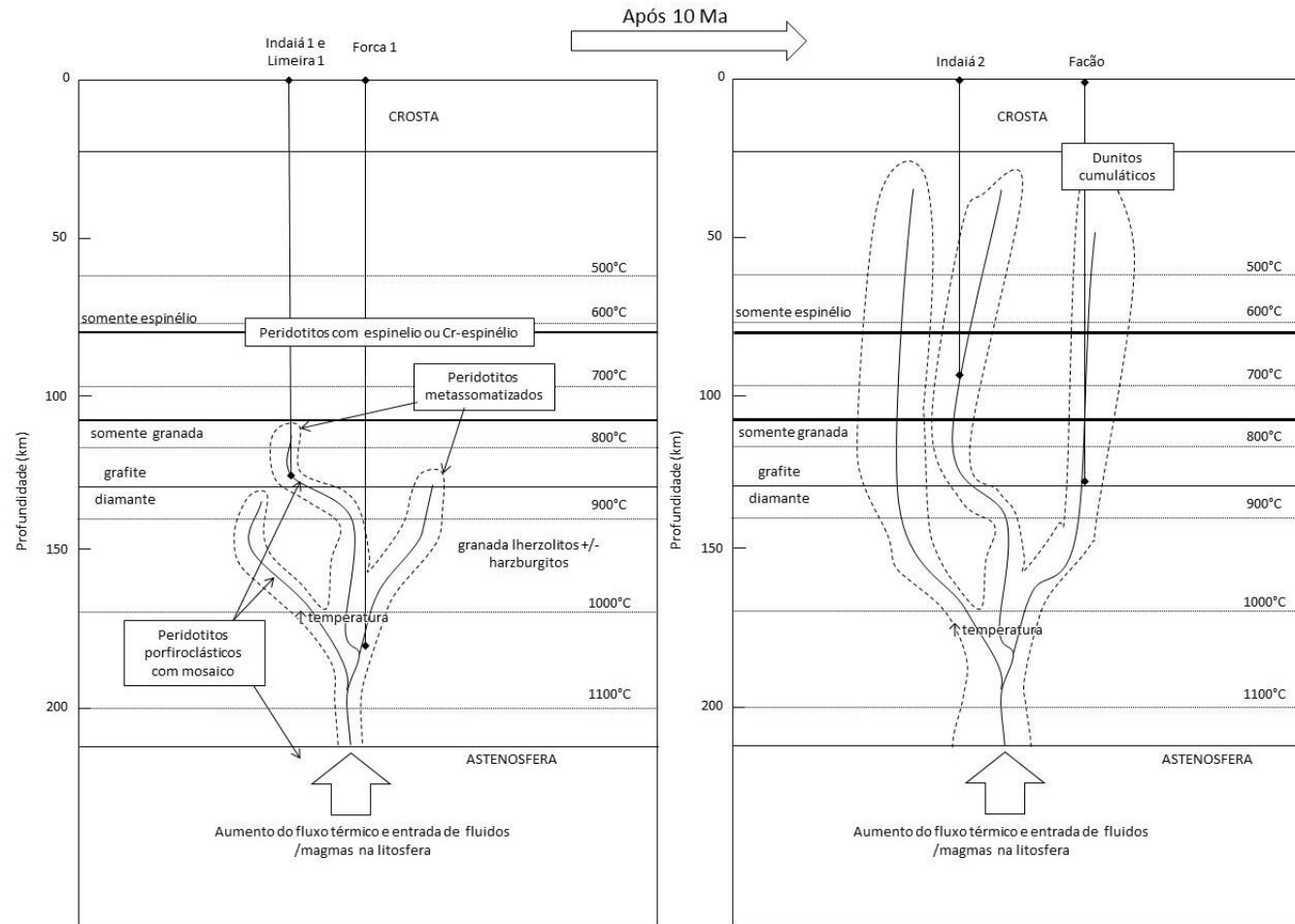


Figura 13- Perfil hipotético sob a região do Alto Paranaíba, com base em perfil esquemático de Carvalho (1997), mostrando as profundidades e temperaturas de acordo com a geoterma de 36 mW/m² Pollack & Chapman (1977), o contexto geológico dos grupos de xenólitos estudados e as zonas com granada, espinélio e diamante estáveis, além da profundidade de geração dos kimberlitos, lamproítos e kamaflagitos estudados.

1. Discussão dos modelos isotópicos

Isótopos de Sr, Nd, Pb, Os, entre outros, são comumente utilizados para inferir áreas-fonte e processos de geração de magmas no manto terrestre. Diferentes reservatórios são reconhecidos no manto, em função de suas assinaturas de elementos-traço e de isótopos; entre eles, os mais conhecidos e utilizados são (Rollinson 1993, Zindler & Hart 1986):

DMM (*Depleted MORB Mantle*) – apresenta as mais baixas razões $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ (<15,45), $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ (15,5-17,7), $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ (0,7015-0,7025) e $^{187}\text{Os}/^{188}\text{Os}$ (0,123-0,126), e alto $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ (0,5133-0,5136).

EMI (*Enriched Mantle I*) - razões $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ (15,46-15,49), $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ (17,6-17,7), $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ (~0,705) e $^{187}\text{Os}/^{188}\text{Os}$ (0,152), e alto $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ (<0,5112). Provavelmente é derivado de crosta inferior ou crosta de ilha oceânica ou seus respectivos sedimentos.

EMII (*Enriched Mantle II*) - razões $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ (15,4-15,5), $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ (16,3-17,3), $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ (>0,722) e $^{187}\text{Os}/^{188}\text{Os}$ (~0,156), e alto $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ (0,511-0,512). A alta razão $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ necessita de alto Rb inicial e um tempo maior para geração de ^{87}Sr , de modo que tais características são compatíveis com crosta superior (continental ou oceânica) e seus respectivos sedimentos, e podem ocorrer no manto devido a processos de subducção.

HIMU (*High μ - $^{238}\text{U}/^{204}\text{Pb}$*) – tem as mais altas razões de razões $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ (15,8-15,9) e $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ (21,2-21,7), além de baixo $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ (0,7025-0,7035); as razões $^{187}\text{Os}/^{188}\text{Os}$ são ~0,15, e $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ é alta (0,511-0,5121). Esta fonte com alto U e baixo Rb (refletido na baixa razão $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) pode ser explicada por subducção e reciclagem de crosta oceânica hidratada (água do mar), ou pela perda localizada de Pb para o núcleo terrestre, ou ainda pela remoção de Pb e Rb por fluidos metassomáticos. Tais razões $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ (15,8-15,9) e $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ (21,2-21,7) requerem uma fonte mais antiga que 1 Ga.

O diagrama de razões isotópicas $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}(i)$ vs. $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}(i)$ da Figura 14 mostra a composição dos reservatórios mantélicos descritos por Zindler & Hart (1986) além das composições de rochas máficas e ultramáficas alcalinas de diversos locais. Os kimberlitos e kamafugitos da região do Alto Paranaíba têm razões $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ mais radiogênicas que os kimberlitos sul-africanos e razões $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ mais baixas, motivo

pele qual foram chamados de kimberlitos transicionais (entre kimberlitos e orangeitos). Chama a atenção, no entanto, que os lamproitos australianos tenham composições totalmente distintas dos lamproitos americanos, evidenciando que a composição isotópica não deve ser um critério único para a classificação dessas rochas.

Na Figura 14 ainda são mostradas curvas de mistura de fontes mantélicas empobrecida (próxima a DMM) e enriquecida (próxima a EM2), a partir de modelamento feito por Guo *et al.* (2014) para kamafugitos do mundo (China, Itália, Uganda e Brasil) indicando que os kamafugitos brasileiros têm proporções variadas de componentes empobrecidos em relação a componentes enriquecidos (90-96%). Nos trabalhos de Bizzi *et al.* (1995), Gibson *et al.* (1995), Guarino *et al.* (2013) e Felgate (2014) a origem dos kamafugitos e kimberlitos foi atribuída à mistura de componentes do tipo DMM ou HIMU com EM1. A identificação de clinopiroxênio secundário com assinatura $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ mais radiogênica que EM1 permite pela primeira vez na literatura indicar que além de reservatório do tipo EM1 para a geração de kimberlitos e kamafugitos na APIP, podem participar componentes com razões de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ sugestivas de EM2, corroborando os modelamentos de Guo *et al.* (2014) envolvendo fontes do tipo EM2.

A presença de clinopiroxênio metassomático em xenólitos mantélicos com evidências de metassomatismo carbonatítico, grande aporte de K (flogopita) e composições isotópicas com razões $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ em direção a EM2 sugerem que a origem do metassomatismo estaria ligada a processo de subducção de crosta superior que teria residido por um longo período de tempo no manto, já que a meia vida do ^{87}Rb é de $4,88 \times 10^{10}$ anos. Esta possível subducção, tem idade incerta, podendo ser Arqueana, Meso a Neoproterozóica (como sugere Carlson *et al.* 2007).

Considera-se nesta tese, seguindo as considerações de Carlson *et al.* (2007), Pereira & Fuck (2007), Guarino *et al.* (2013) e Felgate (2014) de que o magmatismo ocorrido na APIP tenha sido gerado por fusão parcial no manto litosférico por um processo extensional, aproveitando zonas de fraqueza desenvolvidas durante a abertura do Oceano Atlântico (proto-rift). Este processo teria promovido a desestabilização da litosfera cratônica empobrecida (harzburgitos e dunitos com cromita) e permitido a entrada de magmas/fluidos carbonatíticos, de baixa viscosidade com maior capacidade de infiltração (Karfunkel *et al.* 2014) e ricos em Ca e ETRL, gerando clinopiroxênio metassomático nos contatos com ortopiroxênio (análogo à amostra In1-12). Os cristais ricos em K (flogopita) teriam se originado pela ação de metassomatismo, a partir de

líquido carbonatítico com componente silicático. A fusão de rochas refratárias e metassomatizadas poderia gerar um líquido silicático com maior conteúdo de Ti, Zr e Hf e com teores um pouco mais baixos de ETR (análogo aos peridotitos metassomatizados), que também seria responsável por metassomatismo. Estas fusões poderiam por vezes gerar magmas capazes de atingir a superfície terrestre, como no caso dos kimberlitos. O processo de fusão e metassomatismo da litosfera se estenderia com maior volume e atingiria regiões mais rasas do manto litosférico (Figura 13). A partir de compostos mantélicos menos refratários (com maior concentração modal de piroxênio) seriam gerados magmas lamproíticos e kamafugíticos no APIP.

A hipótese de que o metassomatismo mantélico com idade próxima a eventos de magmatismo kimberlítico é sugerida por O'Reilly & Griffin (2013), que inclusive aponta que este seria um meio para gerar diamantes. A relação geoquímica e geocronológica íntima entre xenólitos metassomatizados e eventos de magmatismo kimberlítico na África do Sul é registrado por Gregoire *et al.* (2002), que verifica semelhanças químicas entre xenólitos do tipo PIC com kimberlitos do tipo 1 e de xenólitos do tipo MARID com kimberlitos do tipo 2, e Giuliani *et al.* (2015) que fez uma revisão sobre minerais datados na área de Kimberley em xenólitos metassomatizados afere que a idade dos minerais metassomáticos não difere mais que 70 Ma em relação aos episódio de magmatismo atuantes na região.

As características texturais das amostras metassomatizadas, com minerais agregados em bolsões secundários e intersticiais; clinopiroxênio com padrões enriquecidos em $ETRL_N$ ($\sim 10 \times ETRP_N$) e razões $^{87}Sr/^{86}Sr$ altas (0,706-0,714) são assinaturas de um processo recente de metassomatismo, provavelmente do Cretáceo, assim como sugere Almeida *et al.* (2014). Futuros trabalhos devem determinar outras razões isotópicas (Pb, Nd e Os) *in situ* em clinopiroxênio de xenólitos metassomatizados para estabelecer melhor o tipo de fonte do metassomatismo.

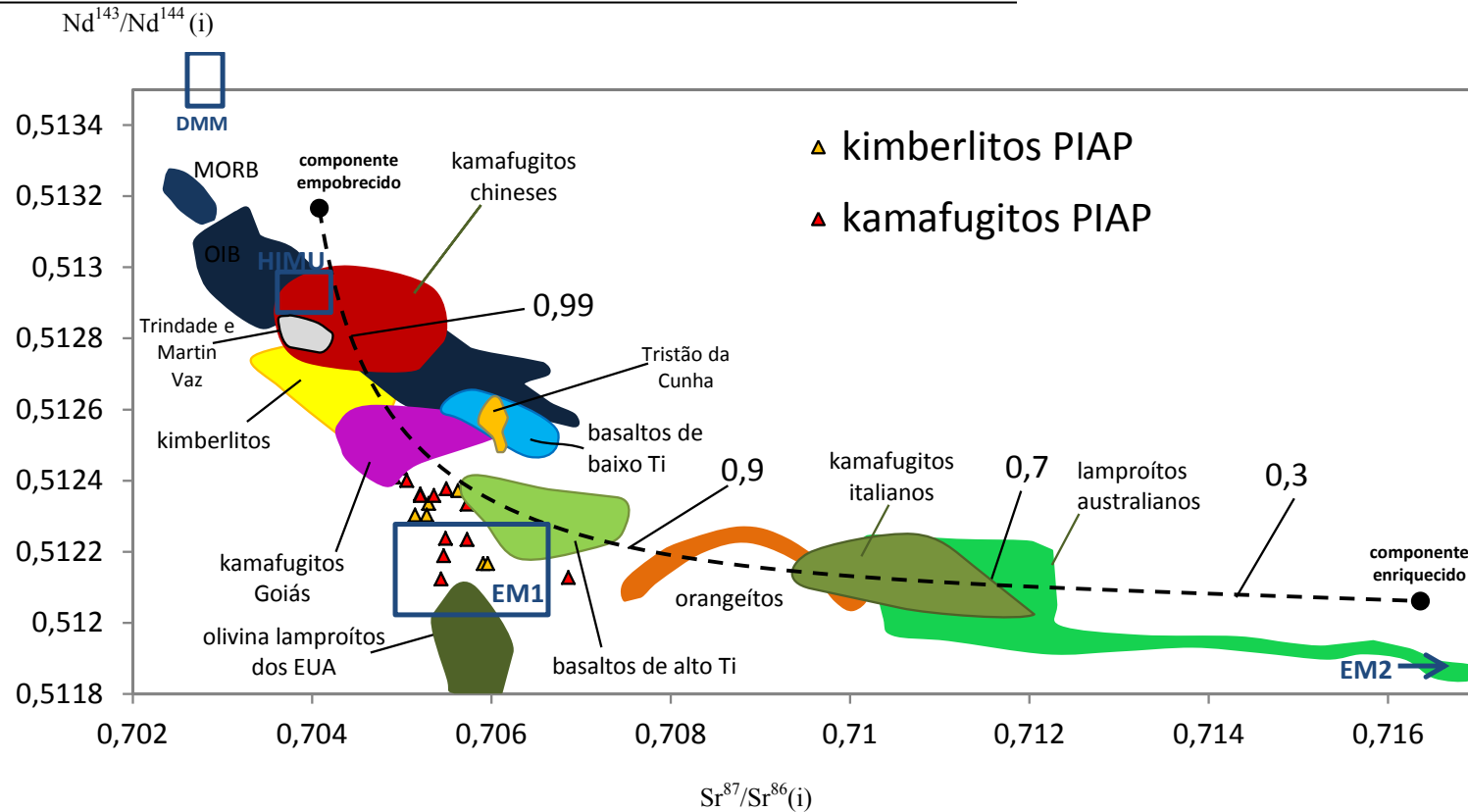


Figura 14- Composição isotópica Sr^{87}/Sr^{86}_i vs. Nd^{143}/Nd^{144}_i de rochas máficas e ultramáficas, com destaque para os kamafugitos e lamproítos; e reservatórios mantêlicos (Zindler & Hart 1986), com curvas de mistura de componentes mantêlicos para a geração de kamafugitos segundo Guo *et al.* (2014). Os campos composicionais de basaltos do tipos MORB, OIB, kimberlitos, orangeítos, lamproítos australianos e olivina-lamproítos dos EUA foram retirados de Mitchell (1986). Os campos de kamafugitos chineses, de Uganda e italianos foram retirados de Guo *et al.* (2014). Já os dados de basaltos da bacia do Paraná de alto Ti e baixo Ti, de amostras livres de contaminação (alto mg#), foram extraídos de Rocha-Júnior (2011). Os dados de kimberlitos e kamafugitos da APIP (triângulos em destaque) foram retirados de Meyer *et al.* (1991), Guarino *et al.* (2013) e Felgate (2014), os de kamafugitos da PAG foram retirados de Carlson *et al.* (2007). Para as ilhas oceânicas Trindade e Martins Vaz os dados foram retirados de Marques *et al.* (1999), os da ilha de Tristão da Cunha foram retirados banco de dados da GEOROC (<http://georoc.mpchmainz.gwdg.de/georoc/>).

Capítulo IX- Conclusões

A localização de kimberlitos, kamafugitos e rochas afins do oeste de Minas Gerais e regiões adjacentes coincide com área de baixa velocidade de ondas sísmicas no manto litosférico raso (Rocha *et al.* 2011). Entre os possíveis motivos para esta anomalia, destaca-se neste trabalho processos de metassomatismo na litosfera que poderiam corresponder aos observados em xenólitos mantélicos das intrusões Indaiá 1, Limeira 1 e Forca. Além disto, há descrições de outros xenólitos metassomatizados na região em trabalhos anteriores (Carvalho 1997, Almeida 2009 e Costa 2008).

Nas intrusões Indaiá 1, Limeira 1 e Forca, os xenólitos metassomatizados são harzburgitos ou dunitos com textura protogranular com bolsões contendo flogopita e clinopiroxênio, além de óxidos como cromita, ilmenita e titanatos raros (e.g., Almeida *et al.* 2014). Nestes grupos de amostras, olivina e ortopiroxênio apresentam significativa variação do mg#, que é menor nas amostras com maior proporção modal de clinopiroxênio e flogopita, e nas amostras com coloração amarelada, refletindo uma maior intensidade do metassomatismo. Outra característica importante observada é a textura do clinopiroxênio destas amostras, que ocorre intersticial e em bordas de reação no ortopiroxênio, além do característico baixo teor de Al. Os minerais do grupo do espinélio relacionados a bolsões de flogopita nos xenólitos são cromitas, que em geral ocorrem com composição homogênea, porém por é bordejado por têm bordas de magnetita (resultante de reação com magma kimberlítico).

Uma amostra de harzburgito com bolsões de clinopiroxênio (In1-12), tem o clinopiroxênio com as maiores razões de ETR_N (La_N e Lu_N , respectivamente 25-43xPM e 1-2,5xPM) entre os peridotitos metassomatizados do conjunto, além de ter as mais baixas razões de Ti. Esta amostra apresenta padrão de $ETRL_N$ convexo e enriquecido em relação aos $ETRP_N$, o que ocorre com todos os clinopiroxênio metassomatizados. Análises de isótopos de Sr em clinopiroxênio da amostra In1-12 sugerem que existe um componente EM2 ($^{87}Sr/^{86}Sr=0,706-0,714$). Outra amostra analisada, o flogopita ilmenita wehrilito (In1-6) tem clinopiroxênio com $^{87}Sr/^{86}Sr=0,706-0,710$ o que também sugere a presença de componente EM2, que até então não foi descrito em rochas da APIP, sendo

este o primeiro trabalho a efetuar este tipo de análise *in situ* em clinopiroxênio de xenólitos mantélicos.

Peridotitos com espinélio são frequentes nessas mesmas intrusões, e variam de férteis a empobrecidos em elementos basálticos: lherzolitos e harzburgitos com textura protogranular e espinélio; e harzburgitos e dunitos com textura granoblástica com Cr-espinélio, podendo ocorrer anfibólio e clinopiroxênio secundário. Nestes grupos de amostras, olivina e ortopiroxênio apresentam alto mg# em relação aos xenólitos metassomatizados, com aumento de mg# nas amostras mais empobrecidas em clinopiroxênio. O clinopiroxênio tem alto Al em relação às amostras metassomatizadas, especialmente nos lherzolitos e harzburgitos com espinélio. Temperaturas de 640-840°C, pelo termômetro de Fe-Mg entre ortopiroxênio e clinopiroxênio, revelam que estas rochas são de manto litosférico raso. As amostras de peridotitos com espinélio tem maiores razões de $ETRP_N$ em clinopiroxênio que nas amostras com Cr-espinélio, de modo que as razões de Y_N e Yb_N (Norman 1998) sugerem processos de fusão parcial fracionada de maior e menor grau (5-8% nas amostras com espinélio; 15-20% nas amostras com Cr-espinélio). Análises de isótopos de Sr revelaram razões pouco radiogênicas de $^{87}Sr/^{86}Sr$ (0,703) no clinopiroxênio de uma amostra de peridotito com espinélio, compatível com componente empobrecido DMM.

Dunitos e harzburgitos porfiroclásticos com texturas em mosaico e fluidal foram identificados nas intrusões Indaiá 1 e Limeira 1, com olivina e ortopiroxênio com alto mg# e valores significativos de Ti, Ca e Na, e ETRL, mais altos que nos outros tipos de xenólitos estudados, sugerindo metassomatismo críptico. A geração desta textura é atribuída a zonas com maior fluxo térmico no manto litosférico, ou seriam provenientes da astenosfera.

Os xenólitos observados no corpo Facão, classificado neste trabalho como sendo um lamproíto, apresentam textura cumulática e possíveis autólitos compostos por massa devitrificada (saponita) com K-richterita e clinopiroxênio, podendo conter wadeíta e zircão. A ausência de macrocristais de ortopiroxênio e xenólitos com ortopiroxênio nas intrusões Facão e Indaiá 2 sugere que todo o ortopiroxênio foi consumido, seja no manto, ou durante o transporte para a superfície no magma.

O metassomatismo mantélico teria sido gerado por fluidos com composição predominantemente carbonatítica, o que é evidenciado pelas altas razões $(La/Yb)_N$ e baixas

razões Ti/Eu em clinopiroxênio nas amostras com flogopita e clinopiroxênio secundário em peridotitos com textura protogranular, que é sugestiva de litosfera. Processos distensivos atuantes associados a possíveis zonas de fraqueza relacionadas a formação do Oceano Atlântico, teriam possibilitado a formação de zonas de maior fluxo térmico, provenientes da astenosfera. Estas zonas desestabilizariam o manto litosférico, permitindo que fluidos de origem astenosférica chegassem a níveis mais rasos da litosfera, reagindo com os minerais preexistentes (eg. olivina, ortopiroxênio, clinopiroxênio, espinélio, granada) gerando primeiramente clinopiroxênio secundário com alto teor de ETR e baixo Ti por reação com fluidos carbonatíticos, já fluidos com componente silicático teria menos quantidade de ETR e maior quantidade de K e Ti, gerando flogopita, ilmenita e titanatos. A fusão desta litosfera metassomatizada seria capaz de gerar tanto kimberlitos (litosfera pouco metassomatizada), como kamafigitos e lamproítos (litosfera mais metassomatizada).

Capítulo X- Referências Bibliográficas

- Alexandrino C.H. 2008. Campo termal da província estrutural São Francisco e faixas móveis adjacentes. Tese de Doutorado em Geofísica - Observatório Nacional, Rio de Janeiro, 184p.
- Alkmim F. F. & Martins-Neto M. A. 2001. A bacia intracratônica do São Francisco: arcabouço estrutural e cenários evolutivos. *Bacia do São Francisco: Geologia e Recursos Naturais*. Cap. II: 9-30.
- Almeida V.V. 2009. Mineralogia e petrologia de xenólitos mantélicos das regiões de Ubatuba (SP) e Monte Carmelo (MG): evidências de fusão parcial e metassomatismo no manto superior do sudeste do Brasil. Dissertação de Mestrado Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 153p.
- Almeida V.V., Janasi V.A., Svisero D.P., Nannini F. 2014. Mathiasite-loveringite and priderite in mantle xenoliths from the Alto Paranaíba Igneous Province, Brazil: genesis and constraints on mantle metasomatism. *Central European Journal of Geosciences* 6(4): 614-632.
- Anders E. & Grevesse N. 1989. Abundances of the elements: meteoritic and solar. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 53: 197-214.
- Araujo A.L.N., Carlson R.W., Gaspar J.C., Bizzi L.A. 2001. Petrology of kamafugites and kimberlites from the Alto Paranaíba Alkaline Province, Minas Gerais, Brazil. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 142(2): 63-177.
- Arndt N. T., Guitreau M., Boullier A.M., Le Roex A., Tommasi A., Cordier P., Sobolev A. 2010. Olivine, and the origin of kimberlite. *Journal of Petrology*, 51: 573-602.
- Ballhaus C., Berry R.F., Green D.H. 1991. High pressure experimental calibration of the olivine-orthopyroxene spinel oxygen geobarometer: implications for the oxidation state of the upper mantle. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 107: 27-40.
- Barbarin B. 1999. A review of the relationships between granitoid types, their origins and their geodynamic environments. *Lithos*. 46: 605-626.
- Barbosa O., Braun O.P.G., Dyer R.C., Cunha C.A.B.R. 1970. Geologia da região do Triângulo Mineiro. Rio de Janeiro, DNPM/DFPM, Boletim 136, 140p.
- Bardet M.G. 1977. Géologie du diamant. Part 3: gisements de diamants d'Asie, d'Amérique, d'Europe et d'Australasie. Mémoires du Bureau de Recherches Géologiques et Minières 83, 169p.
- Basei M.A.S., Teixeira W., Svisero D.P., Martins V.T.S. 2003 Idades U-Pb em zircão, ^{40}Ar - ^{39}Ar em flogopita, e características isotópicas (Nd, Sr e Pb) das rochas

- kimberlíticas da Província Alcalina do Alto Paranaíba, Brasil. XII Simpósio de Geologia de Minas Gerais, p.45.
- Bastin G.F., Van Loo F.J.J., Heijligers H.J.M. 1984. Evaluation and use of Gaussian curvers in quantitative electron probe microanalysis: a new optimization. *X-ray Spectrometry*, 13: 91-97.
- Beard A.D., Downes H., Mason P.R.D., Vetrin V.R. 2007. Depletion and enrichment processes in the lithospheric mantle beneath the Kola Peninsula (Russia): Evidence from spinel lherzolite and wehrlite xenoliths. *Lithos*, 94: 1-24.
- Bertrand P. & Merrier J.C.C. 1985. The mutual solubility of coexisting ortho- and clinopyroxene: toward an absolute geothermometer for the natural system? *Earth and Planetary Science Letters*, 76: 109-122.
- Bianchini G., Beccaluva L., Bonadiman C., Nowell G., Pearson G., Siena F., Wilson M. 2007. Evidence of diverse depletion and metasomatic events in harzburgite-lherzolite Almeida, V.V. 2009. Mineralogia e petrologia de xenólitos mantélicos das regiões de Ubatuba (SP) e Monte Carmelo (MG) mantle xenoliths from the Iberian plate (Olot, NE Spain): Implications for lithosphere accretionary processes. *Lithos*, 94: 25-45.
- Bizzarro M., Simonetti A., Stevenson R. K., Kurszlaukis S. 2003. In situ $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ investigation of igneous apatites and carbonates using laser-ablation MC-ICP-MS. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 67(2):289-302.
- Bizzi L.A., DeWit M.J., Smith C.B., McDonald I., Armstrong R.A. 1995. Heterogeneous enriched mantle materials and Dupal-type magmatism along the SW margin of the São Francisco Craton, Brazil. *Journal of Geodynamics*, 20:469-491.
- Bizzi L.A. & Araujo A.L.N., 2005. Dynamics of mantle-derived magmatism in the southwestern São Francisco Craton, Brazil. In: P. Comin-Chiaramonti and C.B. Gomes (Ed.), Mesozoic to Cenozoic Alkaline Magmatism in the Brazilian Platform. Editora da Universidade de São Paulo, São Paulo, pp. 241-365.
- Bodinier J.L., Merlet C., Bedini R.M., Simien F., Remaidi M., Garrido C.J., 1996. Distribution of niobium, tantalum, and other highly incompatible trace elements in the lithospheric mantle: The spinel paradox. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 60(3): 545-550.
- Bodinier J.L. & Godard M. 2003. Orogenic, Ophiolic and Abyssal Peridotites. In: Carlson, R.W. (ed.), Treatise on Geochemistry, The Mantle and Core, 2: 103-170.
- Boullier A.M., Nicolas A. 1975. Classification of textures and fabrics of peridotites xenoliths from South African Kimberlites. In: Ahrens L.H., Dawson J.B., Duncan A.R., Erlank A.J. (eds.) *Physics and Chemistry of the Earth*, 9: 467-475.
- Boyd F.R. 1987. High- and low-temperature garnet peridotites and their possible relation to the lithosphere-asthenosphere boundary beneath southern Africa. In: Nixon, P.H. (ed.) *Mantle Xenoliths*. Chichester, John Wiley & Sons. p.404-412.

- Brey G.P. & Koehler T. 1990. Geothermobarometry in four-phase lherzolites II: New thermobarometers, and practical assessment of existing thermobarometers. *Journal of Petrology*, 31: 1353-1378.
- Brey G.P., Bulatov V.K., Gurnis A.V. 2008. Geobarometry for peridotites: experiments in simple and natural systems for 6 to 10 GPa. *Journal of Petrology*, 49 (1):3-24.
- Brod J.A., Gibson S.A., Thompson R.N., Junqueira-Brod T.C., Seer H.J., Moraes L.C., Boaventura G.R. 2000. The kamafugite-carbonatite association in the Alto Paranaíba Igneous Province (APIP) Southeastern Brazil. *Revista Brasileira de Geociências* 30(3):408-412.
- Byron M.J. 1999. Physical volcanology and lithochemistry of the Mata da Corda Formation, Minas Gerais, Brazil. PhD Thesis from Department of Earth Sciences of Carleton University, Canada, 149p.
- Campos J.E.G., Dardenne M.A. 1997. Origem e Evolução Tectônica da Bacia Sanfranciscana. *Revista Brasileira de Geociências*. 27(3):283-294.
- Carlson R.W., Esperança S. & Svisero D.P. 1996. Chemical and isotopic study of Cretaceous potassic rocks from southern Brazil. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 125:393-405.
- Carlson R.W., Araujo A.L.N., Junqueira-Brod T.C., Gaspar J.C., Brod J.A., Petrinovic I.A., Hollanda M.H.B.M., Pimentel M.M., Sichel S. 2007. Chemical and isotopic relationships between peridotites xenoliths and mafic-ultrapotassic rocks from Southern Brazil. *Chemical Geology*, 242: 415-434.
- Carmichael I.S.E. 1967. The iron-titanium oxides of salic volcanic rocks and their associated ferromagnesian silicates. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 14: 36-64.
- Carvalho J.B. 1997. Petrologia de xenólitos mantélicos da Província do Alto Paranaíba, Minas Gerais. Tese de doutorado. Instituto de Geociências. Universidade de Brasília.
- Chaves M.L.S.C., Brandão P.R.G., Girodo A.C., Benitez L. 2008. Kimberlito Canastra-1 (São Roque de Minas, MG): geologia, mineralogia e reservas diamantíferas. *Revista Escola de Minas*, 61(3): 357-364.
- Class C. and le Roex A., 2011. South Atlantic DUPAL anomaly - Dynamic and compositional evidence against a recent shallow origin. *Earth and Planetary Science Letters*, 305(1-2): 92-102.
- Coltorti M., Bonadiman C., Hinton R.W., Siena F., Upton B.G.J. 1999. Carbonatite metassomatism of the oceanic upper mantle: evidence from clinopyroxenes and glasses in ultramafic xenoliths of Grand Comore, Indian Ocean. *Journal of Petrology* 40: 133-165.
- Condie K.C., Cox J., O'Reilly S.Y., Griffin W.L., Kerrich R. 2004. Distribution of high field strength and rare earth elements in mantle and lower crustal xenoliths

- from the southwestern United States: The role of grain-boundary phases. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 68 (19): 3919-3942.
- Costa V.S. 1996. Estudos mineralógicos e químicos do kimberlito Batovi 6 (MT) em comparação com as intrusões Três Ranchos 4 (GO) e Limeira 1 (MG). Dissertação de Mestrado do Instituto de Geociênciasda, Universidade Estadual de Campinas, 112p.
- Costa G.V. 2008. Química mineral e geotermobarometria de xenólitos mantélicos do kimberlito Canastra-01. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, 137p.
- Costa M.M.D. 2012. Petrografia e geoquímica isotópica de Sm-Nd em xenólitos mantélicos do kimberlito Canastra-1. Dissertação de Mestrado do Instituto de Geociências da Universidade de Brasília, Brasília, 138p.
- Dalton J.A. & Presnall D.C., 1998. The continuum of primary carbonatitic–kimberlitic melt compositions in equilibrium with lherzolite: data from the system CaO–MgO–Al₂O₃–SiO₂–CO₂ at 6 GPa. *Journal of Petrology*, 39(11-12): 1953-1964.
- Dardenne M.A., Schobbenhaus C. 2001. Metalogênese do Brasil. CPRM/UnB, Editora UnB, 392p.
- Dawson J.B. (ed.) 1980. Kimberlites and their xenoliths. Springer-Verlag, Berlin, 252p.
- Dawson J.B. 1984. Contrasting types of of upper mantle metasomatism. *In*: Kornprobst J. (ed) Kimberlites II: the mantle and crust –mantle relationships. Elsevier, Amsterdam, pp. 289–294.
- Deer W.A., Howie R.A., Zussman J. 1992. An introduction to the rock forming minerals. Engleand Editors. Longamn Scientific and Technical, Harlow, 695 p.
- Donatti-Filho J.P., Tappe S., Oliveira E.P., Heaman L.M. 2013. Age and origin of the Neoproterozoic Brauna kimberlites: Melt generation within the metasomatized base of the São Francisco craton, Brazil. *Chemical Geology*, 353: 19-35.
- Eggins S.M., Rudnick R.L. & McDonough W.F. 1998. The composition of peridotites and their minerals: a laser-ablation ICP-MS study. *Earth and Planetary Science Letters*, 154: 53-71.
- Erlank A. J., Waters F. G., Hawkesworth C. J., Haggerty S. E., Allsopp H. L., Rickard R. S. & Menzies M. (1987). Evidence for mantle metasomatism in peridotite nodules from the Kimberley pipes, South Africa. *In*: Menzies, M. & Hawkesworth, C. J. (eds) *Mantle Metasomatism*. London: Academic Press, pp. 221–309.
- Felgate M. R. 2014. The petrogenesis of Brazilian kimberlites and kamafugites intruded along the 125° lineament: improved geochemical and geochronological constraints on magmatism in Rondonia and the Alto Paranaíba Igneous Province. PhD of School of Earth Sciences of The University of Melbourne, 275p.
- Fernandes A.F., Karfunkel J., Hoover D.B., Sgarbi P.B.A., Sgarbi G.N.C., Oliveira G.D., Gomes J.C.S.P., Kambrock K. 2014. O conglomerado basal da Formação

- Capacete (Grupo Mata da Corda) e sua relação com as distribuições de diamantes em Coromandel, Minas Gerais, Brasil. *Brazilian Journal of Geology*, 44(1): 91-103.
- Finnerty A.A. & Boyd F.R. 1978. Pressure dependent solubility of calcium in forsterite coexisting with diopside and enstatite. Carnegie Institution of Washington, Yearbook 77: 713-717.
- Fragoso D.G.C., Uhlein A., Sanglard J.C.D., Suckau G.L., Guerzoni T.G., Faria P.H. 2011. Geologia dos Grupos Bambuí, Areado e Mata da Corda na Folha Presidente Olegário (1:100.000), MG: registro deposicional do neoproterozóico ao neocretáceo da Bacia do São Francisco. *Geonomos*, 19(1):28-38.
- Gaillard F., Malki M., Iacono-Marziano G., Pichavant M., Scaillet B. 2008. Carbonatite melts and electrical conductivity in the asthenosphere. *Science*, 322: 1363-1365.
- Gibson S.A., Thompson R.N., Leonardos O.H., Dickin A.P. & Mitchell L.G. 1995. The late cretaceous impact of the Trindade mantle plume: evidence from large volume, mafic, potassic magmatism in southeastern Brazil. *Journal of Petrology*, 36(1): 189-229.
- Giuliani A., Philips D., Woodhead J.D., Kamenetsky, Fiorentini M.L., Maas R., Soltys A., Armstrong R.A. 2015. Did diamond-bearing orangeites originate from MARID-veined peridotites in the lithospheric mantle? *Nature Communications*, 6:6837.
- Gonzaga G.M. & Tompkins L.A. 1991. Geologia do diamante. In: Schobbenhaus C., Queiroz E.T., Coelho C.E.S (org.). *Principais Depósitos Minerais do Brasil*. Brasília: DNPM/CPRM. Vol. 4. pp. 53-116.
- Gregoire M., Bell D.R., Roux A.P.L. 2002. Trace element geochemistry of phlogopite-rich mafic mantle xenoliths: their classification and their relationship to phlogopite-bearing peridotites and kimberlites revisited. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 142: 603-625.
- Griffin W.L., Smith D., Ryan C.G., O'Reilly S.Y. & Win T.T. 1996. Trace element zoning in mantle minerals: Metasomatism and thermal events in the upper mantle. *Canadian Mineralogist*, 34: 1179-1193.
- Guarino V., Wu F., Lustrino M., Melluso L., Brotzu P., Gomes C.B., Ruberti E., Tassinari C.C.G., Svisero D.P. 2013. U-Pb ages, Sr-Nd- isotope geochemistry, and petrogenesis of kimberlites, kamafugites and phlogopite-picrites of the Alto Paranaíba Igneous Province, Brazil. *Chemical Geology*, 353: 65-82.
- Gudfinnsson G.H. & Presnall D.C. 2005. Continuous gradations among primary carbonatitic, kimberlitic, melilititic, basaltic, picritic, and komatiitic melts in equilibrium with garnet lherzolite at 3–8 GPa. *Journal of Petrology*, 46: 1645–1659.
- Guo P., Niu Y., Yu X. 2014. A synthesis and new perspective on the petrogenesis of kamafugites from West Qinling, China, in a global context. *Journal of Asian Earth Sciences*, 79: 86-96.

- Haggerty S.E., Smyth J.R., Erlank A.J., Rickard R.S. & Dachin R.V. 1983. Lindsleyite (Ba) and Mathiasite (K): two new chromium-titanates in the crichtonite series from the uppermantle. *American Mineralogist*, 68: 494-505.
- Haggerty S.E. 1995. Upper mantle mineralogy. *Journal of Geodynamics*, 20(4): 331-364.
- Hart S.R., 1984. A large-scale isotope anomaly in the Southern Hemisphere mantle. *Nature*, 309(5971): 753-757.
- Harte B. 1977. Rock nomenclature with particular relation to deformation and recrystallization textures in olivine-bearing xenoliths. *Journal of Geology*, 85: 279-288.
- Hasui Y. & Haralyi N.L.E. 1991. Aspectos lito-estruturais e geofísicos do soerguimento do Alto Paranaíba. *Geociências*, São Paulo, 10: 57-77.
- Hawthorne F.C. & Oberti R. 2007. Classification of Amphiboles. *Reviews in Mineralogy & Geochemistry*, 67: 55-88.
- Heaman L., Teixeira N.A., Gobbo L. & Gaspar J.C. 1998. U-Pb mantle zircon ages for kimberlites from the Juína and Paranatinga provinces, Brazil. Proceedings of the 7th International Kimberlite Conference, Cape Town. *Extended Abstracts*, 322-324.
- Heinrich C.A., Pettke T., Halter W.E., Aigner-Torres M., Audétat A., Günther D., Hattendorf B., Bleiner D., Guillong M., Horn I., 2003. Quantitative multi-element analysis of minerals, fluid and melt inclusions by laser-ablation inductively-coupled-plasma mass-spectrometry. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 67(18): 3473-3497.
- Holmes A., 1950. Petrogenesis of katungite and its associates. *American Mineralogist*, 35: 772-792.
- Ionov D.A., Bodinier J.-L., Mukasa S.B., Zanetti A., 2002. Mechanisms and Sources of Mantle Metasomatism: Major and Trace Element Compositions of Peridotite Xenoliths from Spitsbergen in the Context of Numerical Modelling. *Journal of Petrology*, 43(12): 2219.
- Ionov D.A., Chazot G., Chauvel C., Merlet C., Bodinier J.-L., 2006. Trace element distribution in peridotite xenoliths from Tok, SE Siberian craton: A record of pervasive, multi-stage metasomatism in shallow refractory mantle. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 70(5): 1231-1260.
- Jackson S.E., Longerich H.P., Dunning G.R., Fryer B.J. 1992. The application of laser ablation microprobe-inductively coupled plasma-mass-spectrometry (LAM-ICP-MS) to in situ trace-element determinations in minerals. *Canadian Mineralogist*, 30: 1049-1064.
- Janasi V.A., Vlach S.R.F., Ulbrich H.H.G.J. 1993. Enriched-mantle contributions to the Itu granitoid belt, southeastern Brazil: evidence from K-rich diorites and syenites, *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 65(1): 107-118.

- Janasi V.A., Andrade S., Ulbrich H.H.G.J. 1995. A correção do drift instrumental em ICP-AES com espectômetro seqüencial e a análise de elementos maiores, menores e traços em rochas. *Boletim IG-USP- Série Científica*, 26: 45-58.
- Jaques A.L, Lewis J.D., Smith C.B. 1986. The kimberlites and lamproites of Western Australia. Geological Survey of Western Australia, Bulletin 132.
- Jelsma H., Barnett W., Richards S., Lister G., 2009. Tectonic setting of kimberlites. *Lithos*, 112: 155-165.
- Jenkins D.M. & Newton R.C. 1979. Experimental determination of the spinel peridotite to garnet peridotite inversion at 900°C and 1000°C in the system CaO-MgO-Al₂O₃-SiO₂, and at 900°C with natural garnet and olivine. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 68:407-419.
- Jones A. P., Smith J. V. and Dawson J. B. (1982) Mantle metasomatism in 14 veined peridotite xenoliths from Bultfontein Mine, South Africa. *Journal of Geology*, 90:439-453.
- Junqueira-Brod T.C., Riog H.L., Gaspar J.C., Brod J.A., Meneses P.R. 2002. A Província Alcalina de Goiás e a extensão de seu vulcanismo kamafugítico. *Revista Brasileira de Geociências*, 32(4):559-566.
- Karfunkel J., Hoover D., Fernandes A.F., Sgarbi G.N.C., Kambrock K., Oliveira G.D. 2014. Diamantes da região de Coromandel, oeste de Minas Gerais, Brasil: atualização e novos dados sobre sua origem. *Brazilian Journal of Geology*, 44(2): 325-338.
- Koehler T. & Brey G.P. (1990). Calcium exchange between olivine and clinopyroxene calibrated as a geothermobarometer for natural peridotites from 2 to 60 kb with applications. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 54: 2375–2388.
- Le Bas M.J. & Streckeisen A.L. (1991): The IUGS systematics of igneous rocks. *Journal of the Geological Society of London*, 148: 825-833.
- Le Maitre R.W., Bateman P., Dudek A., Keller J. 1989. A classification of igneous rocks and glossary of terms. Oxford, Blackwell Science publications, 193p.
- Le Maitre R. W., Streckeisen A., Zanettin B., Le Bas M.J., Bonin B., Bateman P., Bellieni G., Dudek A., Efremova S., Keller J., Lameyre J., Sabine P.A., Schmid R., Sørensen H., Wooley A.R. (2002). Igneous Rocks: a Classification and Glossary of Terms: Recommendations of the International Union of Geological Sciences Subcommission on the Systematics of Igneous Rocks. Cambridge: Cambridge University Press, 236 p.
- Le Roux V., Bodinier J.L., Thomassi A., Alard O., Dautria J.M., Vauchez A., Riches A.J.V. 2007. The Lherz spinel lherzolite: refertilized than pristine mantle. *Earth and Planetary Science Letters*. 259: 599-612.

- Leonardos O.H. & Meyer H.O.A. 1991. Geology of Western Minas Gerais. In: *Field Guide book of 5th International Kimberlite Conference*, Araxá. CPRM Special Publication 91(3): 17-24.
- Leonardos O.H., Ulbrich M.N.C. & Gaspar, J.C. 1991. The Mata da Corda volcanic rock. In: *5th International Kimberlite Conference*, 5th, Araxá, Brazil, 3: 65-73.
- Liu K.H., Gao S.S., Silver P.G., Zang Y. 2003. Mantle layering across central South America, *Journal of Geophysical Research*, 108 (11): 2510-2519.
- MacGregor I.D. 1974. The system MgO-Al₂O₃-SiO₂: solubility of Al₂O₃ in enstatite for spinel and garnet peridotite compositions. *American Mineralogist*, 59: 110-119.
- Marques L.S., Ulbrich M.N.C., Ruberti E., Tassinari C.G. 1999. Petrology, geochemistry and Sr-Nd isotopes of the Trindade and Martin Vaz volcanic rocks (Southern Atlantic Ocean), *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 93(3): 191-216.
- Martins-Neto M.A., Castro P.T.A., Hercos C.M. 1997. O Supergrupo São Francisco (Neoproterozóico) no Cráton do São Francisco em Minas Gerais. Belo Horizonte, SBG/MG, Boletim 14: 22-24.
- McDonough W.F. & Sun S. 1995. The composition of the Earth. *Chemical Geology*, 120: 223-253.
- Melluso L., Lustrino M., Ruberti E., Brotzu P., Gomes C.B., Morbidelli L., Morra V., Svisero D.P. 2008. Major- and trace-element composition of olivine, perovskite, clinopyroxene, Cr-Fe-Ti oxides, phlogopite and host kamafugites and kimberlites, Alto Paranaíba, Brazil. *Canadian Mineralogist*, 46: 19-40.
- Mercier J.C.C. & Nicolas A. 1975. Textures and fabrics of upper mantle peridotites as illustrated by xenoliths from basalts. *Journal of Petrology*, 16(2): 454-487.
- Meyer H.O.A. & Svisero D.P. 1991. Limeira and Indaiá intrusions, Minas Gerais. *Field Guide Book, 5th International Kimberlite Conference*, Araxá (Minas Gerais, Brazil). CPRM Special Publication, 3: 49-55.
- Meyer H.O.A., Garwood B.L., Svisero D.P., Smith C.B. 1991. Alkaline ultrabasic intrusions in Western Minas Gerais, Brazil. In: *Proceedings of the 5th International Kimberlite Conference*, v.1:140-155.
- Mitchell R.H. 1986. Kimberlites: mineralogy, geochemistry and petrology. Plenum Press, N.Y., 422p.
- Mitchell R.H. 1995. Kimberlites, orangeites and related rocks. Plenum Press, New York, 410p.
- Mitchell R.H. & Bergman S.C. 1991. Petrology of lamproites. Plenum Press, New York, 447p.
- Morimoto N., Fabries J., Ferguson A.K., Ginzburg I.V., Ross M., Seifert F.A., Zussman J., Aoki K., Gottardi G. 1988. Nomenclature of pyroxenes. *American Mineralogist*, 73: 1123-1133.

- Murphy D. T., Collerson K. D. & Kamber B. S. 2002. Lamproites from Gausberg, Antarctica: possible transition zone melts of Archaean subducted sediments. *Journal of Petrology*, 43: 981-1001.
- Nannini F. 2011. Petrografia e química mineral de xenólitos mantélicos da intrusão Kimberlítica Indaía, Monte Carmelo, MG. Dissertação de Mestrado do Instituto de Geociências da USP, São Paulo, 100 p.
- Nickel K.G. & Green D.H. 1985. Empirical geothermobarometry for garnet peridotites and implications for the nature of the lithosphere, kimberlites and diamonds. *Earth and Planetary Science Letters*, 73:158–170.
- Nimis P. & Taylor W. R. 2000. Single clinopyroxene thermobarometry for garnet peridotites. Part I. Calibration and testing of a Cr-in-Cpx barometer and an enstatite-in-Cpx thermometer. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 139(5): 541-554.
- Nishijima P.S.T. 2013. Petrografia e geoquímica dos Kimberlitos Forca e Facão, Província Ígnea do Alto Paranaíba. Trabalho de Conclusão de Curso do IG – UNICAMP, 52p.
- Nixon P.H. 1987. Mantle Xenoliths. John Willey and Sons, New York, 844p.
- Nixon P.H. & Boyd F.R. 1973. Petrogenesis of the granular and sheared ultrabasic nodule suite in kimberlites. In: Nixon P.H.(ed) Lesotho Kimberlites. Maseru, Lesotho National Development Corporation, p.48-56.
- Norman M.D. 1998. Melting and metasomatism in the continental lithosphere: laser ablation ICPMS analysis of minerals in spinel lherzolites from eastern Australia. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 130: 240-255.
- Nowell G.M., Pearson D.G., Bell D.R., Carlson R.W., Smith C.B., Kempton P.D., Noble R. 2004. Hf isotope systematics of kimberlites and their megacrysts: new constraints on their source regions. *Journal of Petrology*, 45(8): 1583-1612.
- O'Neill H.St.C. & Wall V.J. 1987. The olivine-orthopyroxene-spinel oxygen geobarometer, the nickel precipitation curve, and the oxygen fugacity of the Earth's upper mantle. *Journal of Petrology*, 28: 1169-1191.
- O'Reilly S.Y. & Griffin W.L. 2013. Mantle metasomatism. In: D.E. Harlov & Austrhein (ed.) Metasomatism and the chemical transformation of rock, *Lecture Notes in Earth System Sciences*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 471-532.
- Patiño-Douce A.E. 1999. What do experiments tell us about the relative contributions for crust and mantle to the origin of granitic magmas? In: Castro, A.; Fernandez, C. & Vigneresse, J.L. (eds.): Understanding Granites: Integrating new and classical techniques. Geological Society, London, Special Publication, 168: 55-75.
- Paton C., Hergt J.M., Phillips D., Woodhead J.D. and Shee S.R. 2007. New insights into the genesis of Indian kimberlites from the Dharwar Craton via in situ Sr isotope analysis of groundmass perovskite. *Geology*, 35(11): 1011-1014.

- Pearson D.G., Canil D. & Shirey S.B. 2003. Mantle samples included in volcanic rocks: xenoliths and diamonds. *In: Carlson, R.W. (ed.), Treatise on Geochemistry, The Mantle and Core, 2: 171-275.*
- Peate D.W., Hawkesworth C.J., Mantovani M.S.M., Rogers N.W., Turner S.P., 1999. Petrogenesis and stratigraphy of the high-Ti/Y Urubici magma type in the Paraná Flood Basalt Province and implications for the nature of 'Dupal'-type mantle in the South Atlantic Region. *Journal of Petrology*, 40(3): 451-473.
- Pereira R.S. 2007. Cráton do São Francisco, kimberlitos e diamantes. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, 200 p.
- Piccirillo E.M., Civetta L., Petrini R., Longinelli A., Bellieni G., Comin-Chiaramonti P., Marques L.S., Melfi A.J., 1989. Regional variations within the Parana flood basalts (southern Brazil): Evidence for subcontinental mantle heterogeneity and crustal contamination. *Chemical Geology*, 75(1-2): 103-122.
- Pollack H.N. & Chapman D.S. 1977. On the regional variation on heat flow, geotherms and lithospheric thickness. *Tectonophysics*, 38: 279-296.
- Read G., Grutter H., Winter S., Luckman N., Gaunt F., Thomsen F. 2004. Stratigraphic relations, kimberlite emplacement and lithospheric thermal evolution, Quirico basin, Minas Gerais state, Brazil. *Lithos*, 77(1-4): 803-818.
- Ringwood A.E., Kesson S.E., Hibberson W., Ware N., 1992. Origin of kimberlite and related magmas. *Earth and Planetary Science Letters*, 113(4): 521-538.
- Rocha M.P. 2008. Tomografia sísmica com ondas P e S para o estudo do manto superior no Brasil. Tese de Doutorado, do Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas, São Paulo, 86p.
- Rocha M.P., Schimmel M., Assumpcao M., 2011. Upper-mantle seismic structure beneath SE and central Brazil from P- and S-wave regional travelttime tomography. *Geophysical Journal International*, 184(1): 286.
- Rocha M.L.G. de, Pires A.C.B., Carmelo A.C., Araújo Filho J.O. de. 2014. Geophysical characterization of the Azimuth 125° lineament with aeromagnetic data: Contributions to the geology of Central Brazil. *Precambrian Research*, 249: 273-287.
- Rocha-Júnior E.R.V. 2011. Sistemática isotópica de Os-Nd-Pb-Sr e geoquímica de elementos traço litófilos e siderófilos de basaltos da Província Magmática do Paraná. Tese de Doutorado, do Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas, São Paulo, 153p.
- Rocha-Júnior E.R.V., Puchtel I.S., Marques L.S., Walker R.J., Machado F.B., Nardy A.J.R., Babinski M., Figueiredo A.M.G., 2012. Re-Os isotope and highly siderophile element systematics of the Paraná Continental Flood Basalts (Brazil). *Earth and Planetary Science Letters*, 337-338: 164-173.
- Rollinson H.R., 1993. Using geochemical data: evaluation, presentation, interpretation *In: Hugh R. Rollinson. Geochemistry series. Harlow, Essex, England: Longman Scientific & Technical ; New York, Wiley & Sons, 352p.*

- Russell J.K., Porritt L.A., Lavallee Y., Dingwell D.B. 2012. Kimberlite ascent by assimilation-fueled buoyancy. *Nature*, 481:352-355.
- Ryan C. G., Griffin W. L. & Pearson N. J. (1996). Garnet geotherms: pressure-temperature data from Cr-pyrope garnet xenocrysts in volcanic rocks. *Journal of Geophysical Research*, 101: 5611-5625.
- Sahama T.G., 1974. Potassium rich alkaline rocks. In: Sorensen, H. (Ed.), *The Alkaline Rocks*. Wiley, London, pp. 96-109.
- Schmidberger S.S., Simonetti A. and Francis D. 2003. Small-scale Sr isotope investigation of clinopyroxenes from peridotite xenoliths by laser ablation MC-ICP-MS--implications for mantle metasomatism. *Chemical Geology*, 199(3-4): 317-329.
- Segal I., Halicz L., Platzner I.T. 2003. Accurate isotope ratio measurements of ytterbium by multiple collection inductively coupled plasma mass spectrometry applying erbium and hafnium in an improved double external normalization procedure. *Journal of Analytical Atomic Spectrometry*, 18(10): 1217-1223.
- Seer H.J., Moraes L.M, Junges S.L. 2010. Novos dados U-Pb e Sm-Nd de granitos intrusivos no Grupo Araxá, Faixa Brasília Meridional, entre a região de Araxá e Monte Carmelo, MG. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 45, Belém, PA. Anais, SBG, Resumo.
- Sgarbi P.B.A., Gaspar J.C., Valença J.G., 2000. Brazilian Kamafugites. *Revista Brasileira de Geociências*, 30(3): 417-420.
- Sgarbi P.B.A., Heaman L.M., Gaspar J.C., 2004. U-Pb perovskite ages for Brazilian kamafugitic rocks: Further support for a temporal link to a mantle plume hotspot track. *Journal of South American Earth Sciences*, 16(8): 715-724.
- Silva S. 2008. Petrografia e química mineral das intrusões Indaiá I e Indaiá II, oeste do estado de Minas Gerais. Dissertação de Mestrado do Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 113p.
- Streckeisen A.L. 1976. Classification of the common igneous rocks by means of their chemical composition: a provisional attempt. *Neues Jahrbuch für Mineralogie, Monatshefte*, 1: 1-15.
- Sun S.S. & McDonough W.F. 1989. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle compositions and processes. In: Saunders, A.D. & Norry, M.J. (eds.). *Magmatism in the Ocean Basins*, Special Publication Volume of Geologic Society of London, 42: 313-346.
- Svisero D.P. & Haralyi N.L.E. 1984. O Kimberlito Indaiá, Monte Carmelo, MG. *Anais 33º Congresso Brasileiro de Geologia*, 10: 5014-5026.

- Svisero D.P., Meyer H.O.A., Haralyi N.L.E. & Hasui Y. 1984. A note on the geology of some Brazilian kimberlites. *Journal of Geology*, 92: 331-338.
- Svisero D.P. & Ulbrich M.N.C. 1992. Mineralogia, petrografia e geologia do kimberlito Limeira e intrusões associadas, município de Monte Carmelo, Minas Gerais. *Boletim IG-USP. Série Especial*, São Paulo, 12: 127-129.
- Svisero D.P. 1995. Distribution and origin of diamonds in Brazil: an overview. *Journal of Geodynamics*, 20(4):493-514.
- Tainton K.M. & McKenzie D., 1994. The generation of kimberlites, lamproites, and their source rocks. *Journal of Petrology*, 35(3): 787-817.
- Tappe S., Foley S.F., Jenner G.A., Kjarsgaard B.A. 2005. Integrating ultramafic lamprophyres into the IUGS classification of igneous rocks: rational and implications. *Journal of Petrology*, 46: 1893-1900.
- Tappe S., Pearson D.G., Kjarsgaard B.A., Nowell G., Dowall D. 2013. Mantle transition zone input to kimberlite magmatism near a subduction zone: Origin of anomalous Nd–Hf isotope systematics at Lac de Gras, Canada. *Earth and Planetary Science Letters*, 371-372: 235-251.
- Thompson R.N., Gibson S.A., Mitchell J.G., Dickin A.P., Leonardos O.H., Brod J.A. & Greenwood J.C. 1998. Migrating Cretaceous-Eocene magmatism in the Serra do Mar Alkaline Province, SE Brazil: melts from the deflected Trindade mantle plume? *Journal of Petrology*, 39: 1493-1526.
- Toyoda K., Horiuchi H., Tokonami M. 1994. Dupal anomaly of Brazilian carbonatites - geochemical correlations with hotspots in the South-Atlantic and implications for the mantle source. *Earth and Planetary Science Letters*, 126: 315-331.
- Turner S., Regelous M., Kelley S., Hawkesworth C.J., Mantovani M. 1994. Magmatism and continental break-up in the South Atlantic: high precision ^{40}Ar - ^{39}Ar geochronology. *Earth and Planetary Science Letters*, 121: 333-348.
- Ulbrich M.N.C., Leonardos O.H. 1991. As rochas ultrapotássicas da Mata da Corda, MG: lamproitos ou kamafugitos? *Boletim IG-USP, Publicação Especial*, 9:93-97.
- VanDecar J.C.J.D.E., 1995. Seismic evidence for a fossil mantle plume beneath South America and implications for plate. *Nature*, 378: 25-31.
- Wells P.R.A. 1977. Pyroxene thermometry in simple and complex systems. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 62: 129-139.
- Wernick E. & Menezes A.C. 2001. The Late Precambrian K-alkaline magmatism in the Ribeira Fold Belt: A case study of the Piracaia pluton, state of São Paulo, SE Brazil, and its potential mineralization (Cu, Zn, Gd). *Asian Journal of Earth Sciences*, 19: 347-373.

- Witt-Eickchen G.E. & Seck H.A. 1991. Solubility of Ca and Al in orthopyroxene from spinel peridotite: an improved version of an empirical geothermometer. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 106: 431-439.
- Woolley A.R., Bergman S.C., Edgar A.D., Le Bas M.J., Mitchell R.H., Rock N.M.S., Smith B.H.S. 1996. Classification of lamprophyres, lamproites, kimberlites, and the kalsilitic, melilitic, and leucitic rocks. *Canadian Mineralogist*, 34: 175-186.
- Wyatt B.A., Baumgartner M., Anckar E., Grutter H. 2004. Compositional classification of “kimberlitic” and “non-kimberlitic” ilmenite. *Lithos*, 77: 819-840.
- Zindler A. and Hart S. 1986. Chemical Geodynamics. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 14: 493-571.
- Zindler A. & Jagoutz E. 1988. Mantle cryptology. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 52: 319-333.

ANEXO A

Tabela com classificação das amostras estudadas e os métodos utilizados para cada amostra

Tabela 18 - Relação das amostras estudadas dos corpos Indaiá-1 (com código de prefixo In1), Limeira-1 (Lm1), Forca (Fo) e Facão (Fac), com as principais características físicas e composicionais.

Código da amostra	Dimensão máxima (cm)	Cor	Forma	Textura	Composição mineralógica e porcentagem modal	Natureza (* sem estimativa modal)	Estrutura/mineral alongado	Lâmina	Microsonda	MEV	Traços	Isótopos
In1-1	5	cinza escuro esverdeado	esférico sub-arredondado	Porfiroclástica com mosaico	60% olivina + 39% ortopiroxênio + 0,8% flogopita + 0,2% clinopiroxênio	Harzburgito	Foliado/ortopiroxênio	x	x		x	
In1-2	4,5	preto escuro esverdeado	tabular sub-arredondado	Protogranular	86% olivina + 7% flogopita + 4% clinopiroxênio + 2% ortopiroxênio + 0,8% cromita + 0,2% ilmenita	Flogopita-dunito	Maciço	x	x	x	x	
In1-3	3,5	verde pálido a cinza claro	elipsoidal anguloso	Granoblástica	52% olivina + 44% ortopiroxênio + 2% Cr-espinélio + 2% clinopiroxênio	Harzburgito	Levemente foliado/espinélio	x	x	x	x	
In1-4	2,5	cinza esverdeado pálido	esférico sub-arredondado	Porfiroclástica	57% olivina + 28% ortopiroxênio + 13% clinopiroxênio + 2% espinélio	Lherzolito	Levemente foliado/ortopiroxênio	x	x		x	
In1-5	2	preto	tabular arredondado	Protogranular	76% olivina + 20% ortopiroxênio + 3% clinopiroxênio + 1% flogopita + cromita	Harzburgito	maciço	x				
In1-6	2	preto	esférico arredondado	Intercrescimento gráfico e veio de flogopita	39% olivina + 26% clinopiroxênio + 24% ilmenita + 8% flogopita + 2% carbonato + 1% ortopiroxênio + zircão	Flogopita-ilmenita wehrlito	Levemente foliado/ilmenita	x	x	x	x	x
In1-7	2,5	branco	esférico sub-arredondado	Equigranular	quartzo + feldspato (alterado)	Granito	maciço					
In1-8	2,6	branco a bege	esférico arredondado	Equigranular	quartzo + feldspato (alterado)	Granito	maciço					
In1-9a	6	verde claro amarelado	elipsoidal sub-anguloso	Protogranular	48% olivina + 46% ortopiroxênio + 3% clinopiroxênio + 3% espinélio	Harzburgito	maciço	x	x			
In1-9b	6	verde claro amarelado	elipsoidal sub-anguloso	Protogranular	67% olivina + 24% ortopiroxênio + 5% clinopiroxênio + 4% espinélio	Lherzolito	Levemente foliado/olivina	x				
In1-10	2,3	cinza esverdeado	elipsoidal sub-arredondado	Porfiroclástica	81% olivina + 14% ortopiroxênio + 4% clinopiroxênio + 1% espinélio	Harzburgito	Levemente foliado/ortopiroxênio	x				
In1-11	5,5	bege esverdeado	elipsoidal arredondado	Inequigranular	olivina + carbonato + matriz	Nódulo alterado	maciço	x				
In1-12	3	cinza esverdeado pálido	tabular sub-anguloso	Protogranular	86% olivina + 11% ortopiroxênio + 2,7% clinopiroxênio + 0,2% flogopita + 0,1% cromita	Harzburgito	maciço	x	x	x	x	x

Código da amostra	Dimensão máxima (cm)	Cor	Forma	Textura	Composição mineralógica e porcentagem modal	Natureza (* sem estimativa modal)	Estrutura/ mineral alongado	Lâmina	Microsonda	MEV	Traços	Isótopos
In1-13a	2	cinza esverdeado escuro	alongado sub-arredondado	Protogranular	66% olivina + 26,5% ortopiroxênio + 7% clinopiroxênio + 0,5% espinélio	Lherzolito	Levemente foliado/ ortopiroxênio	x	x			
In1-13b	1,5	verde	esférico anguloso	Transicional (granoblástica a protogranular)	72% olivina + 25,8% ortopiroxênio + 2% clinopiroxênio + 0,2% espinélio	Harzburgito	maciço	x	x			
In1-14a	4,5	verde claro	elipsoidal anguloso	Transicional (granoblástica a protogranular)	73% olivina + 20% ortopiroxênio + 5% clinopiroxênio + 2% espinélio	Lherzolito	Levemente foliado/ olivina	x	x		x	x
In1-14b	1,2	verde acinzentado	esférico arredondado	Transicional (granoblástica a protogranular)	65% olivina + 31% ortopiroxênio + 3% flogopita + 2% clinopiroxênio	Harzburgito	maciço	x				
In1-14c	2,2	cinza esverdeado	esférico sub-arredondado	Protogranular	96,7% olivina + 3% espinélio + 0,3% clinopiroxênio	Dunito	maciço	x	x			
In1-15	2,5	verde escuro	elipsoidal sub-arredondado	Granoblástica	80% olivina + 14% ortopiroxênio + 5,7% clinopiroxênio + 0,3% espinélio	Lherzolito	maciço	x				
In1-16	2,8	cinza esverdeado	tabular arredondado	Protogranular	87% olivina + 9% ortopiroxênio + 2% clinopiroxênio + 2% espinélio	Harzburgito	Levemente foliado/ olivina	x				
In1-17	1,5	cinza esverdeado escuro	tabular arredondado	_____	olivina	Megacristal						
In1-18	2	verde escuro	elipsoidal sub-arredondado	_____	ortopiroxênio + olivina	Harzburgito *	maciço					
In1-19a	7	verde claro	esférico com borda de reação lobadas	Inequigranular seriada	macrocrístais de olivina e carbonato em matriz de clorita, clinopiroxênio, apatita e perovskita	Nódulo alterado	maciço					
In1-19b	3,5	verde claro	tabular com bordas lobadas	Inequigranular seriada	macrocrístais de olivina e carbonato em matriz de clorita, clinopiroxênio, apatita e perovskita	Nódulo alterado	maciço					
In1-20a	3,5	verde oliva	elipsoidal arredondado (forma de gota)	_____	olivina	Megacristal		x	x		x	
In1-20b	10	cinza esverdeado	esférico anguloso	Protogranular	81% olivina + 17% ortopiroxênio + 1,8% flogopita + 0,2% cromita	Harzburgito	maciço	x	x			
In1-20c	2,4	cinza esverdeado	tabular anguloso	Porfiroclástica	88% olivina + 9% ortopiroxênio + 2% clinopiroxênio + 1% espinélio	Harzburgito	maciço	x				
In1-20d	2	branco	elipsoidal subarredondado	Equigranular	Quartzo + feldspato (alterado)	Granito	maciço	x				
In1-20e	3	cinza esverdeado	tabular arredondado	Granoblástica	74% olivina + 19% ortopiroxênio + 3% clinopiroxênio + 3% espinélio + 2% anfibólio	Lherzolito	Levemente foliado/ olivina	x				

Código da amostra	Dimensão máxima (cm)	Cor	Forma	Textura	Composição mineralógica e porcentagem modal	Natureza (* sem estimativa modal)	Estrutura/mineral alongado	Lâmina	Microsonda	MEV	Traços	Isótopos
In1-20f	0,7	verde esmeralda	esférico arredondado	_____	Clinopiroxênio	Macrocrystal						
In1-20g	1,8	verde	esférico com borda lobada	Protogranular	Olivina + ortopiroxênio + clinopiroxênio + espinélio	Lherzolito*	Maciço					
In1-20h	1,3	verde	elipsoidal sub-arredondado	Protogranular	Olivina + ortopiroxênio + clinopiroxênio + espinélio	Lherzolito*	Maciço					
In1-20i	2	cinza escuro	tabular sub-anguloso	Protogranular	Olivina + ortopiroxênio + clinopiroxênio + flogopita	Harzburgito*	Maciço					
In1-20j	4,5	verde claro	amebóide sub-arredondado	Inequigranular seriada	Macrocristais de olivina e carbonato em matriz não identificada	Nódulo alterado	Maciço					
In1-20l	2,1	verde claro com nódulo róseo incluso	tabular arredondado	Equigranular fina (autólito) e média granito	Macrocristais de olivina e carbonato em matriz não identificada	Nódulo alterado	Maciço					
In1-21a	1	preto	elipsoidal arredondado	_____	Ortopiroxênio	Megacrystal						
In1-21b	0,5	preto	elipsoidal arredondado em porção com textura fanerítica fina no kimb.	_____	Flogopita	Macrocrystal						
In1-22a	1,8	verde pálido	tabular arredondado	Protogranular	Olivina + ortopiroxênio + flogopita	Dunito*	Maciço					
In1-22b	1,3	verde pálido	tabular arredondado	Protogranular	Olivina + ortopiroxênio + flogopita	Dunito*	Maciço					
In1-23a	1,5	cinza esverdeado escuro	tabular anguloso	Granoblástica	Olivina + ortopiroxênio	Harzburgito*	Maciço					
In1-23b	1,3	alterado (esbraquiçado)	elipsoidal arredondado	Protogranular	Olivina + ortopiroxênio + clinopiroxênio + espinélio	Lherzolito*	Maciço					
In1-23c	3	alterado (esbraquiçado)	tabular anguloso	Protogranular	Olivina + ortopiroxênio + clinopiroxênio + espinélio	Harzburgito*	Maciço					
In1-23d	1,5	verde acinzentado claro	elipsoidal sub-arredondado	Protogranular	Olivina + ortopiroxênio + clinopiroxênio + espinélio	Lherzolito*	Maciço					
In1-24a	4	cinza	esférico arredondado	Granoblástica	89,8% olivina + 9% ortopiroxênio + 1% Cr-espinélio + 0,2% anfibólio	Dunito	Levemente foliado/olivina	x	x		x	

Código da amostra	Dimensão máxima (cm)	Cor	Forma	Textura	Composição mineralógica e porcentagem modal	Natureza (* sem estimativa modal)	Estrutura/mineral alongado	Lâmina	Microsonda	MEV	Traços	Isótopos
In1-24b	2	preto	triangular sub-arredondado	Equigranular	81% flogopita + 10% ilmenita + 6% ortopiroxênio + 3% olivina	Flogopita ortopiroxenito	Maciço	x				
In1-25a	4	cinza escuro	tabular sub-anguloso	Porfiroclástico	95,3% olivina + 4% ortopiroxênio + 0,6% flogopita + 0,1% perovskita + monticellita	Dunito	Foliado	x	x			
In1-25b	0,5	cinza	elipsoidal sub-arredondado	Granular	84% olivina + 13,8% ortopiroxênio + 1% espinélio + 0,2% flogopita	Lherzolito	Maciço	x				
In1-26	3	cinza esverdeado	elipsoidal sub-arredondado	Granular	Olivina + ortopiroxênio + clinopiroxênio + espinélio	Lherzolito*	Maciço					
In1-27a	2	verde	elipsoidal sub-arredondado	Granular	Quartzo + feldspato (alterado)	Granito	Maciço					
In1-27b	2	cinza esverdeado	elipsoidal sub-arredondado	Protogranular	Olivina + ortopiroxênio + clinopiroxênio + espinélio	Lherzolito*	Maciço					
In1-28	1,5	cinza esverdeado	elipsoidal sub-anguloso	Granoblástica	Olivina + ortopiroxênio + clinopiroxênio + espinélio	Lherzolito*	Maciço					
In1-29	1,5	cinza esverdeado	elipsoidal sub-anguloso	Granoblástica	Olivina + ortopiroxênio + clinopiroxênio + espinélio	Lherzolito*	Maciço					
In1-30	3,5	verde	elipsoidal sub-arredondado	Inequigranular	Macrocrístais de olivina e carbonato em matriz não identificada	Nódulo alterado	Maciço					
In1-31	2	cinza róseo escuro	elipsoidal arredondado	Cumulático	41% flogopita + 23% ortopiroxênio + 17% ilmenita + 18% olivina + 1% clinopiroxênio	Flogopita ortopiroxenito	Maciço	x				
In1-32	2	verde acinzentado	tabular arredondado	Protogranular	Olivina + ortopiroxênio + clinopiroxênio + espinélio	Lherzolito*	Maciço					
In1-33	1	cinza	esférico arredondado com cúspides	Porfiroclástica com mosaico e fluidal	83% olivina + 17% ortopiroxênio + clinopiroxênio + monticellita + perovskita	Harzburgito	Maciço	x	x	x	x	
In1-34	2	cinza esverdeado	tabular arredondado	Granular média	86% olivina + 9% ortopiroxênio + 2% clinopiroxênio + 1% espinélio + 0,7% carbonato + 0,3% flogopita	Harzburgito	Levemente foliado/olivina	x				
In1-36	1	marrom escuro	placoidal arredondado	_____	Flogopita com inclusões de ilmenita, clorita e barita	Megacrístal		x		x		
In1-50	2	cinza esverdeado	tabular sub-anguloso	Granoblástica	87% olivina + 10% ortopiroxênio + 2% espinélio + 0,7% anfíbólio + 0,3% clinopiroxênio	Harzburgito	Maciço	x	x		x	

Código da amostra	Dimensão máxima (cm)	Cor	Forma	Textura	Composição mineralógica e porcentagem modal	Natureza (* sem estimativa modal)	Estrutura/mineral alongado	Lâmina	Microsonda	MEV	Traços	Isótopos
In2-1	2,5	Branco esverdeado	Tabular arredondado	Equigranular	Feldspato potássico + plagioclásio + quartzo + vidro (saponita) + K-richterita + clinopiroxênio + hamotoma + flogopita	Granito	Maciço	x	x	x		
Lm1-1	5	marrom escuro	tabular arredondado	Protogranular	94% olivina + 3% clinopiroxênio + 2,5% ortopiroxênio + 0,4% flogopita + 0,1% cromita + mathiasita	Dunito com flogopita	Maciço	x	x	x	x	
Lm1-2	3	verde esbranquiçado	esférico sub-arredondado	Protogranular	Olivina + ortopiroxênio + flogopita	Harzburgito com flogopita	Maciço					
Lm1-3	4	marrom escuro	tabular sub-arredondado	Protogranular	Olivina + ortopiroxênio + flogopita	Lherzolito	Maciço					
Lm1-4	3	cinza esverdeado	alongado anguloso	Granoblástica	Olivina + ortopiroxênio + flogopita	Harzburgito	Foliado/olivina					
Lm1-5	2,5	cinza esverdeado	tabular sub-arredondado	Granoblástica	Olivina + ortopiroxênio + flogopita	Harzburgito	Foliado/olivina					
Lm1-6	4	cinza esverdeado	tabular arredondado	Granoblástica	Olivina + ortopiroxênio + flogopita	Harzburgito	Maciço					
Lm1-7	1,8	cinza amarelado	tabular sub-anguloso	Protogranular	Olivina + serpentina	Dunito	Maciço					
Lm1-8	3	branco com borda verde	tabular sub-anguloso		Carbonato + borda de alteração	Carbonato	Maciço					
Lm1-12	2,8	cinza esbranquiçado	tabular sub-anguloso		Carbonato + borda de alteração	Carbonato	Maciço					
Lm1-14a	2,5	amarelo acinzentado	cúbico sub-arredondado	Protogranular	olivina + serpentina	Dunito	Maciço	x	x	x		
Lm1-14b	2,5	marrom escuro	tabular subarredondado	Equigranular	augita + alteração + carbonato	Clinopiroxenito	Maciço	x	x	x	x	
Lm1-15a	5	cinza amarelado	amebóide sub-anguloso	Protogranular	96% olivina + 1% ortopiroxênio + 1% clinopiroxênio + 1% flogopita + 1% cromita	Dunito com flogopita	Maciço	x	x	x		
Lm1-15b	5	cinza amarelado	amebóide sub-anguloso	Protogranular	98% olivina + 0,5% ortopiroxênio + 0,5% clinopiroxênio + 0,5% flogopita + 0,5% cromita	Dunito com flogopita	Maciço	x				
Lm1-17a	10	cinza amarelado	elipsoidal anguloso	Protogranular	75,5% olivina + 19% ortopiroxênio + 3,3% espinélio + 1,9% clinopiroxênio	Harzburgito	Maciço	x	x	x		
Lm1-17b	10	cinza amarelado	elipsoidal anguloso	Protogranular	80,5% olivina + 8% ortopiroxênio + 7,5% clinopiroxênio + 4% espinélio	Lherzolito	Maciço	x	x	x	x	

Código da amostra	Dimensão máxima (cm)	Cor	Forma	Textura	Composição mineralógica e porcentagem modal	Natureza (* sem estimativa modal)	Estrutura/mineral alongado	Lâmina	Microsonda	MEV	Traços	Isótopos
Lm1-17b'	0,4	amarelo	tabular anguloso		olivina	Macrocristal						
Lm1-18	0,8	amarelo acinzentado	cúbico subarredondado	Granoblástica	Olivina+ortopiroxênio+espinélio	Harzburgito	Maciço					
Lm1-19	3	verde acinzentado	tabular anguloso	Inequigranular fino	Carbonato + olivina+ clinopiroxênio + clorita + apatita + perovskita	Nódulo alterado	Maciço					
Lm1-20a	10	cinza amarelado	elipsoidal anguloso	Granoblástica	93% olivina + 4% ortopiroxênio + 2% clinopiroxênio + 1% espinélio	Dunito	Foliado/olivina	x	x	x	x	
Lm1-20b				Granoblástica	95% olivina + 3% ortopiroxênio + 1% clinopiroxênio + 1% espinélio	Dunito	Foliado/olivina	x	x	x		
Lm1-21	2,8	marrom esbranquiçado	elipsoidal arredondado		Silex	Silexito	Maciço					
Lm1-22	3,2	cinza esverdeado	tabular anguloso	Protogranular	92% olivina + 3% ortopiroxênio + 3% clinopiroxênio + 2% ilmenita + 1% flogopita + priderita	Dunito com flogopita	Maciço	x	x	x		
Lm1-24	2	rosa claro com borda verde	tabular anguloso		carbonato	Carbonato	Maciço					
Lm1-25	9	cinza esverdeado	elipsoidal anguloso	Inequigranular	Carbonato + olivina+ clinopiroxênio + clorita + apatita + perovskita	Nódulo alterado	Foliado/matriz	x	x	x		
Lm1-26a	8	cinza escuro amarelado	elipsoidal arredondado	Protogranular	87,5% olivina + 5,5% ortopiroxênio + 2% clinopiroxênio + 3% flogopita + 1% cromita + 1% ilmenita	Harzburgito com flogopita	Maciço	x	x	x		
Lm1-26b	8	cinza escuro amarelado	elipsoidal arredondado	Protogranular	93% olivina + 3% ortopiroxênio + 1% clinopiroxênio + 1% flogopita + 0,5% cromita + 0,5% ilmenita	Dunito com flogopita	Maciço	x				
Lm1-27	3,6	branco acinzentado	elipsoidal arredondado	Granular média	feldspato e quartzo alterado	Granito alterado	Maciço	x				
Lm1-28	3,5	amarelo cinzentado	tabular sub-anguloso	Protogranular	96% olivina + 1% flogopita + 1% cromita + 1% carbonato + ortopiroxênio + clinopiroxênio + serpentina	Dunito com flogopita	Maciço	x				
Lm1-29	4	cinza escuro	tabular sub-arredondado	Protogranular	olivina + serpentina	Dunito	Maciço	x				
Lm1-30	3	cinza amarelado	esférico anguloso	Granoblástico	92,5% olivina + 6% ortopiroxênio + 1% espinélio + 0,5% clinopiroxênio	Harzburgito	Maciço	x				
Lm1-31	6	cinza escuro amarelado	tabular anguloso		olivina	Megacristal						

Código da amostra	Dimensão máxima (cm)	Cor	Forma	Textura	Composição mineralógica e porcentagem modal	Natureza (* sem estimativa modal)	Estrutura/mineral alongado	Lâmina	Microsonda	MEV	Traços	Isótopos
Lm1-32	2	cinza	triangular subarredondado	Porfiroclástico com mosaico	97,5% olivina + 2,5% ortopiroxênio + clinopiroxênio + monticellita + Ti-magnetita	Dunito	Maciço	x				
Lm1-33	0,3	cinza	esférico arredondado	Protogranular	Olivina + ortopiroxênio + flogopita	Flogopita dunito	Maciço					
Lm1-34	2	cinza amarelado	tabular sub-anguloso	Granoblástica	94% olivina + 5% ortopiroxênio + 1% espinélio	Harzburgito	Maciço	x				
Lm1-35	0,5	cinza amarelado	esférico sub-arredondado	Protogranular	Olivina + serpentina	Dunito	Maciço					
Lm1-36	3	cinza esverdeado	elipsoidal sub-anguloso	Transicional (porfiroclástico a granoblástico)	93% olivina + 5% ortopiroxênio + 2% espinélio + serpentina	Harzburgito	Maciço	x				
Lm1-37	0,4	cinza	arredondado sub-anguloso	Protogranular	Olivina + serpentina	Dunito	Maciço					
Lm1-38	2	cinza escuro	tabular sub-arredondado	Protogranular	84% olivina + 7% clinopiroxênio + 3% ortopiroxênio + 2% flogopita + 4% cromita	Wehrlito com ilmenita e flogopita	Maciço	x				
Lm1-39	2,8	cinza alaranjado	tabular anguloso	Inequigranular fina	Carbonato + olivina+ clinopiroxênio + clorita + apatita + perovskita	Nódulo alterado	Maciço					
Lm1-40	1,8	marrom acinzentado	esférico sub-anguloso	Equigranular fino	Piroxênio alterado + carbonato + apatita	Piroxenito alterado	Foliado	x				
Lm1-41	2	cinza escuro	esférico sub-arredondado		99% olivina + 1% ilmenita + cromita	Megacristal geminado		x				
Fo-1	1,5	amarelo	esférico anguloso	Protogranular	50% olivina + 5% clinopiroxênio + 5% ortopiroxênio alterado + 1% espinélio + 38% carbonato	Lherzolito	Maciço	x	x	x		
Fo-2	3,6	cinza esverdeado	amebóide sub-arredondado	Granoblástico	55% olivina + 28% ortopiroxênio + 10,5% clinopiroxênio + 6,5% espinélio	Espinélio lherzolito	Levemente foliado/olivina	x	x	x		
Fo-3	4	marrom acinzentado	elipsoidal arredondado		clinopiroxênio	Megacristal		x	x	x	x	
Fo-4	3,2	marrom avermelhado	esférico arredondado		clorita + epidoto+anfíbólio+ilmenita+titanita+clorita	Metabásica alterada	Maciço	x	x	x		
Fo-5	3,3	amarelo avermelhado	cúbico arredondado	Protogranular	80% olivina + 9% flogopita + 8% cromita + 3% clinopiroxênio	Flogopita ilmenita dunito	Maciço	x	x	x		

Código da amostra	Dimensão máxima (cm)	Cor	Forma	Textura	Composição mineralógica e porcentagem modal	Natureza (* sem estimativa modal)	Estrutura/mineral alongado	Lâmina	Microsonda	MEV	Traços	Isótopos
Fo-6	3	cinza amarelado	esférico arredondado	Granoblástico	90% olivina + 6% ortopiroxênio + 3% clinopiroxênio + 1% espinélio	Harzburgito	Maciço	x	x	x		
Fo-7	3,2	amarelo avermelhado	tabular muito anguloso	Protogranular	olivina + ortopiroxênio + flogopita + cromita	Harzburgito	Maciço					
Fo-8	2	cinza esverdeado	tabular arredondado		Olivina	Megacristal						
Fac-1	0,8	preto	esférico sub-arredondado com cúspide	Afanítico	vidro (saponita) + harmotoma + clinopiroxênio + K-richterita + apatita	Autólito		x	x	x		
Fac-2	3,5	verde esbranquiçado	elipsoidal arredondado	Cumulática	97% olivina + 1,5% ortopiroxênio + 1% clinopiroxênio + 0,5% flogopita + cromita + clorita	Dunito	Foliação de fluxo/ olivina	x	x	x		
Fac-3	0,1	verde esbranquiçado	elipsoidal arredondado		olivina com inclusões de ilmenita e cromita	Macrocristal		x	x	x		
Fac-4	1,2	cinza escuro	ameboide sub-arredondado	Material corroído por reação	clinopiroxênio + harmotoma + apatita + k-richterita + vidro (saponita) + wadeita + zircão + calcopirita	Autólito	Foliação	x	x	x		
Fac-5	1,5	cinza escuro	elipsoidal sub-arredondado	Protogranular	84% clinopiroxênio + 5,5% flogopita + 0,5% ilmenita + 3,5% perovskita + 6,5% harmotoma + clorita	Flogopita perovskita clinopiroxenito	Maciço	x	x	x	x	
Fac-6	1	cinza escuro	esférico arredondado	Fanerítico fino	40% clinopiroxênio + 45% harmotoma + 15% flogopita + clorita	Autólito	Foliação de fluxo/ matriz	x	x	x		
Fac-7	1,2	verde esbranquiçado	tabular sub-anguloso	Cumulático	90% olivina + 5,5% clinopiroxênio + 3% ortopiroxênio + 1% ilmenita + 0,5% flogopita + clorita	Wehrlito	Maciço	x	x	x		
Fac-8	1,2	verde esbranquiçado	elipsoidal arredondado	Cumulático	97% olivina + 2,5% ilmenita + 0,5% clinopiroxênio + flogopita + clorita	Dunito	Maciço	x	x	x		

ANEXO B

Imagens das amostras de mão

Imagens das lâminas e de MEV:

Autólitos

Macrocristais

Nódulos esverdeados

Xenólitos crustais

Piroxenitos

Dunitos cumuláticos

Megacristais

Lherzolitos e harzburgitos com espinélio

Harzburgitos e dunitos com Cr-espinélio

Harzburgitos e dunitos com Cr-espinélio com pargasita

Dunitos com textura protogranular sem espinélio

Harzburgito com textura porfiroclástica em mosaico

Peridotitos protogranulares com bolsões de flogopita

Peridotitos protogranulares com bolsões de clinopiroxênio

Flogopita ilmenita wehrlito

Flogopitito e flogopita ortopiroxenito

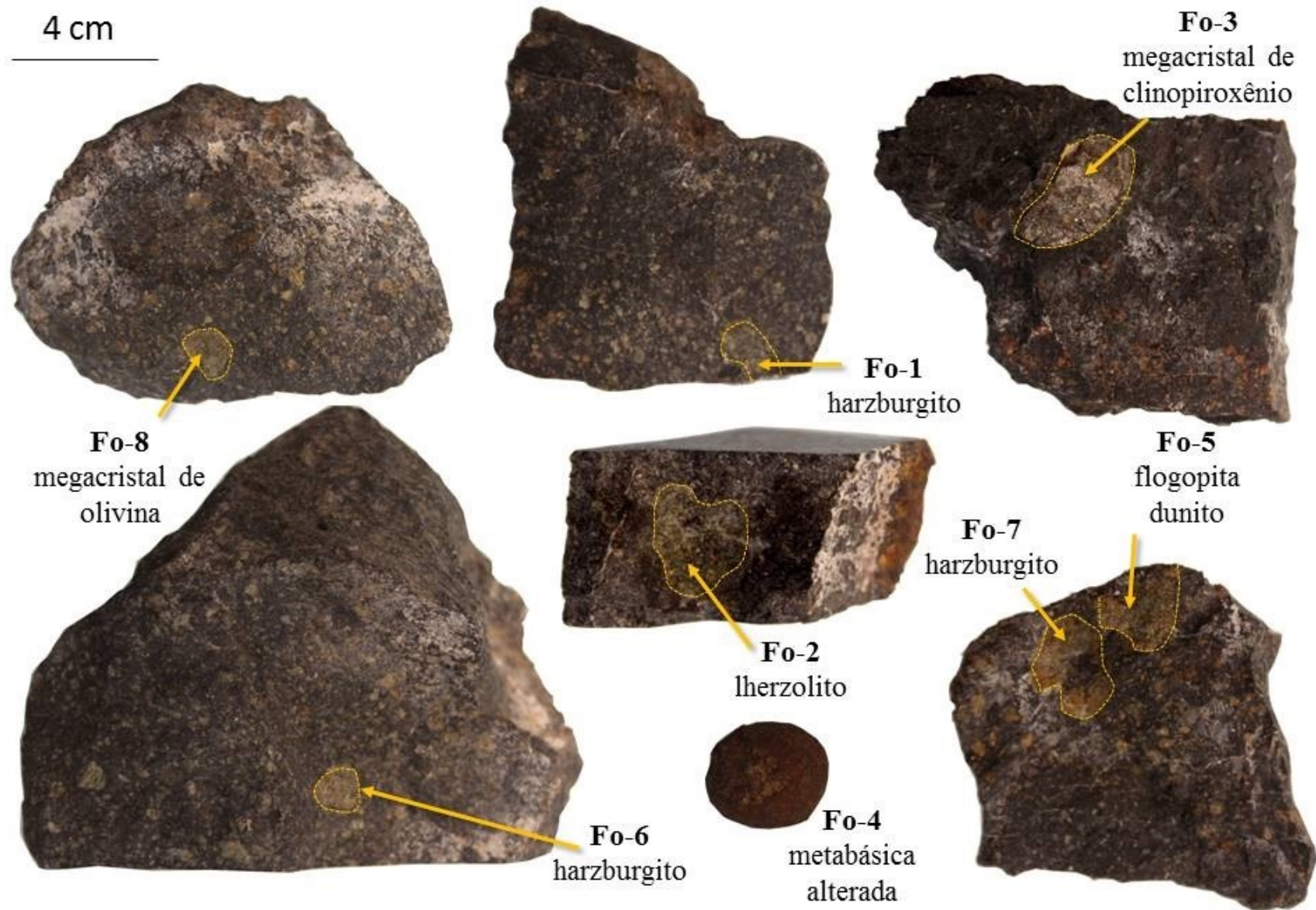


Figura 15 – Imagens de amostras de mão da intrusão Forca, com detalhe para os nódulos investigados neste trabalho.

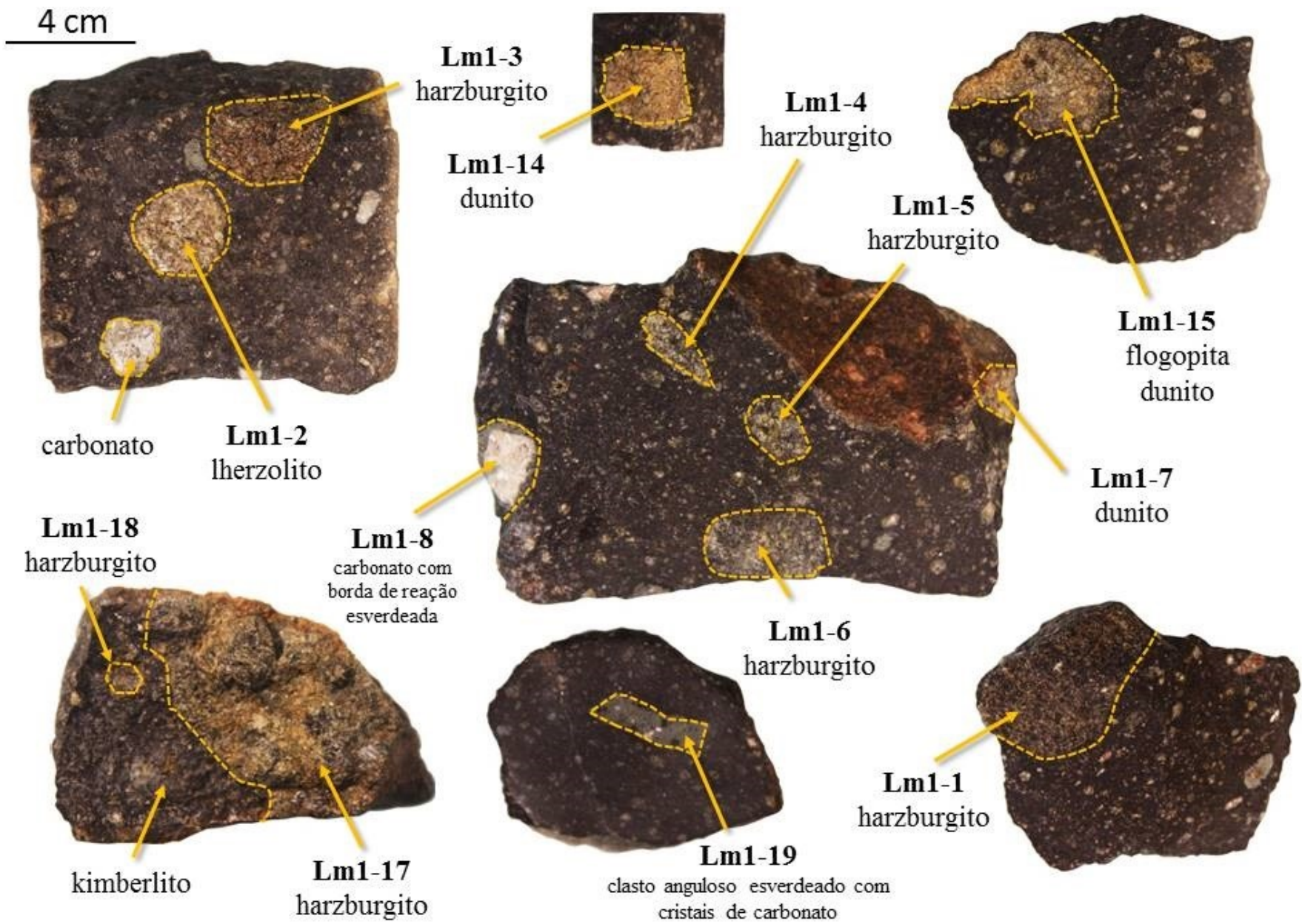


Figura 16 – Imagens de amostras de mão da intrusão Limeira 1, com detalhe para os xenólitos investigados neste trabalho.

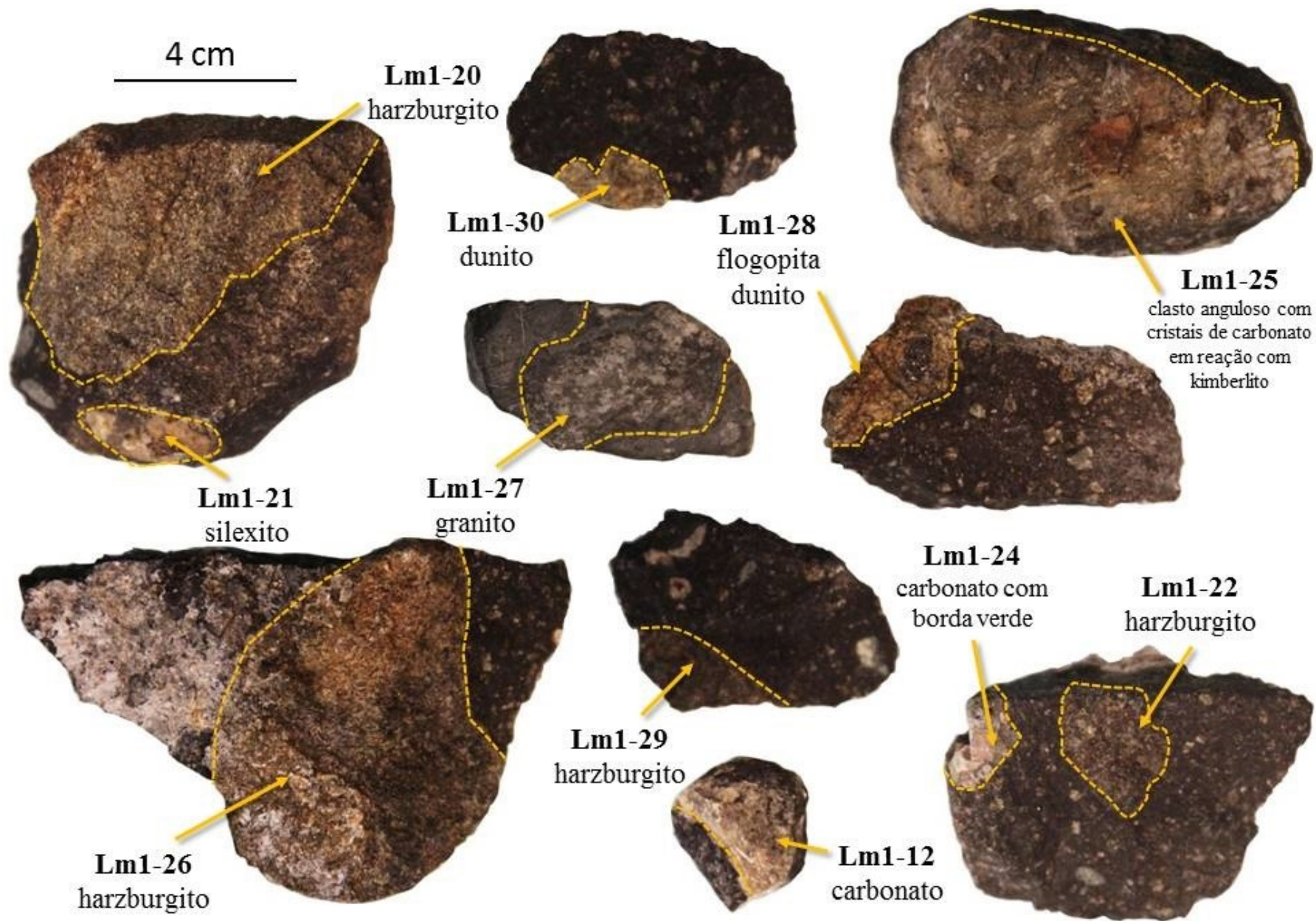


Figura 17 – Imagens de amostras de mão da intrusão Limeira 1, com detalhe para os xenólitos investigados neste trabalho.

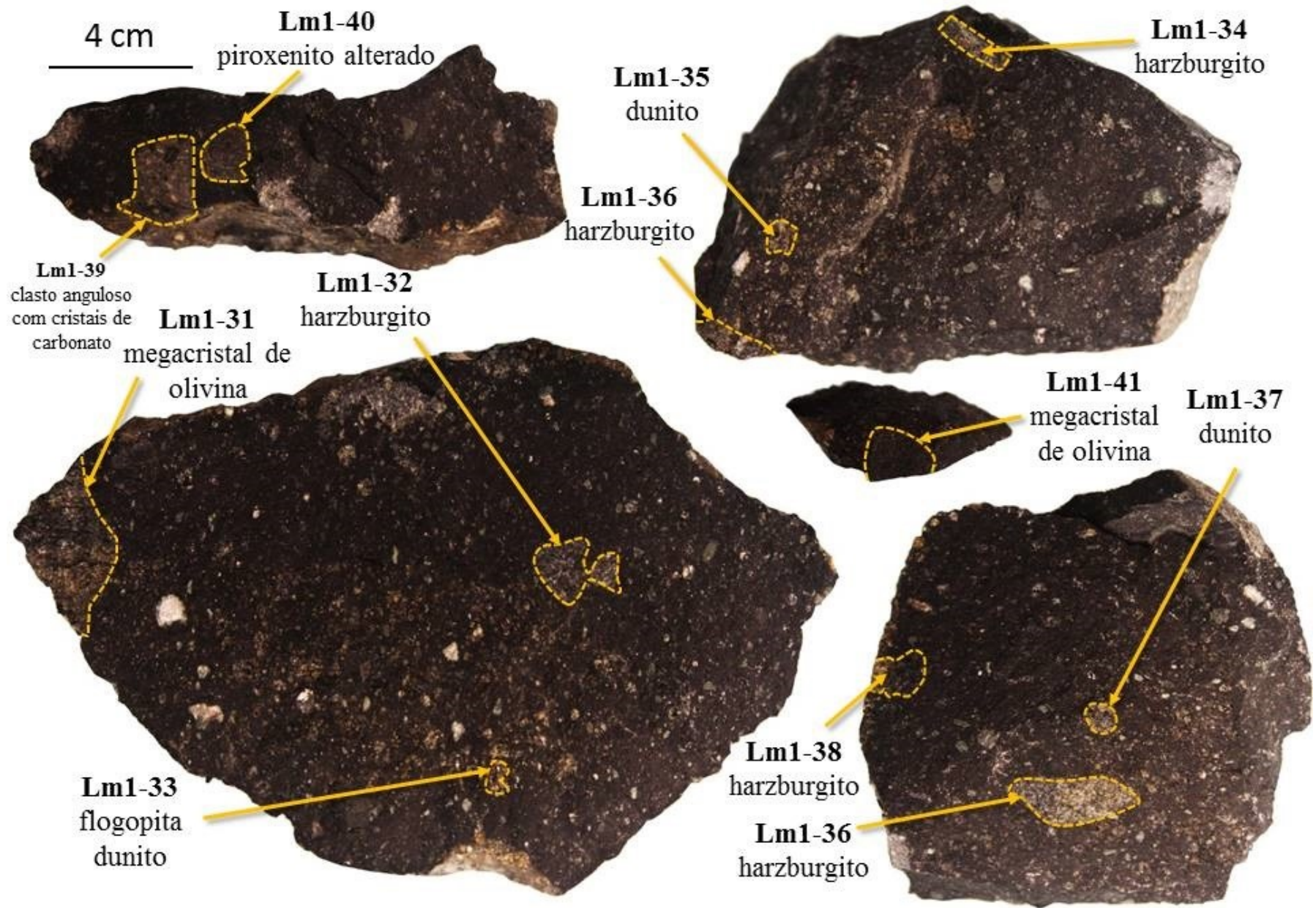


Figura 18 – Imagens de amostras de mão da intrusão Limeira 1, com detalhe para os xenólitos investigados neste trabalho.

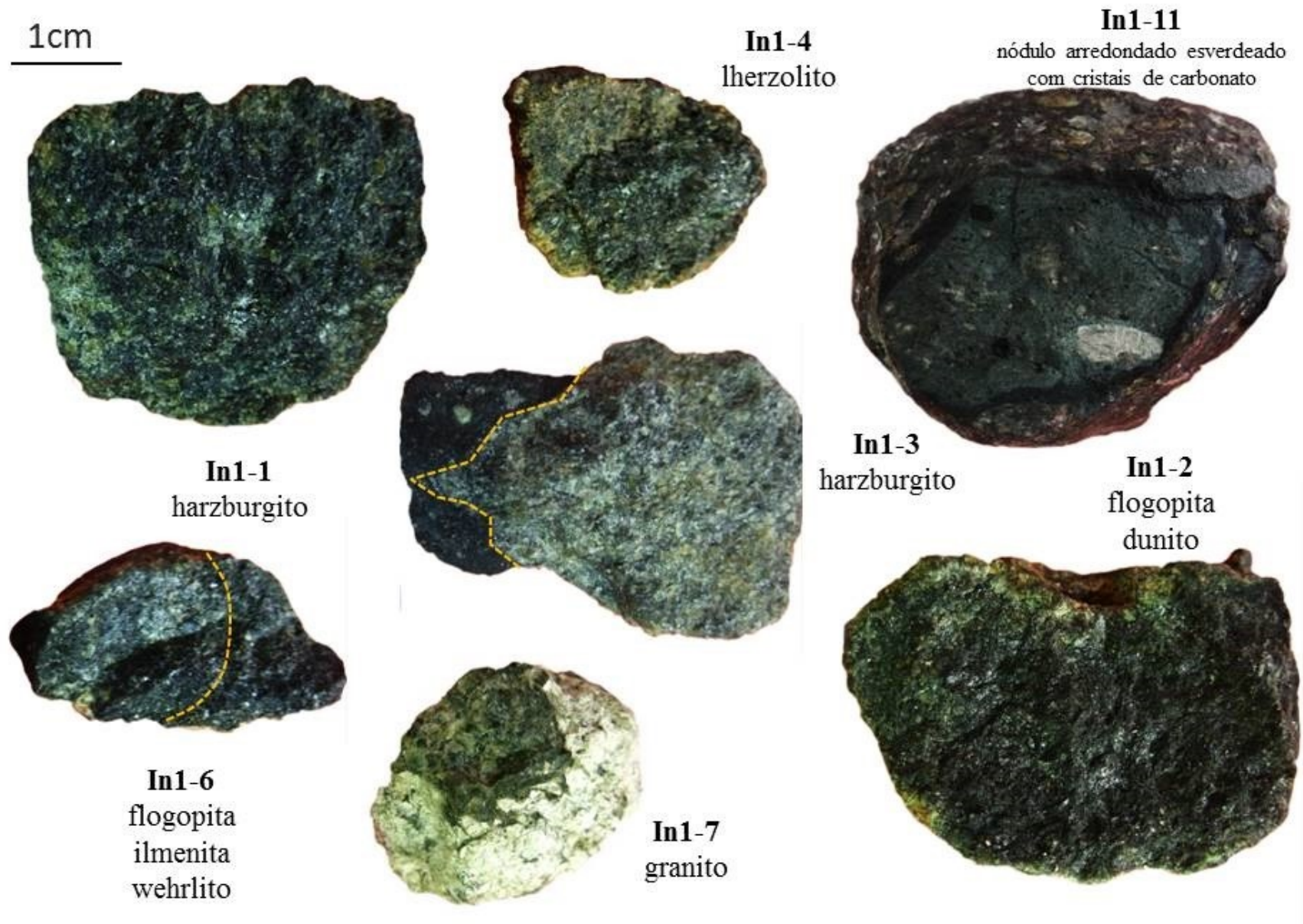


Figura 19 – Imagens de amostras de mão da intrusão Indaiá 1, com detalhe para os xenólitos investigados neste trabalho.

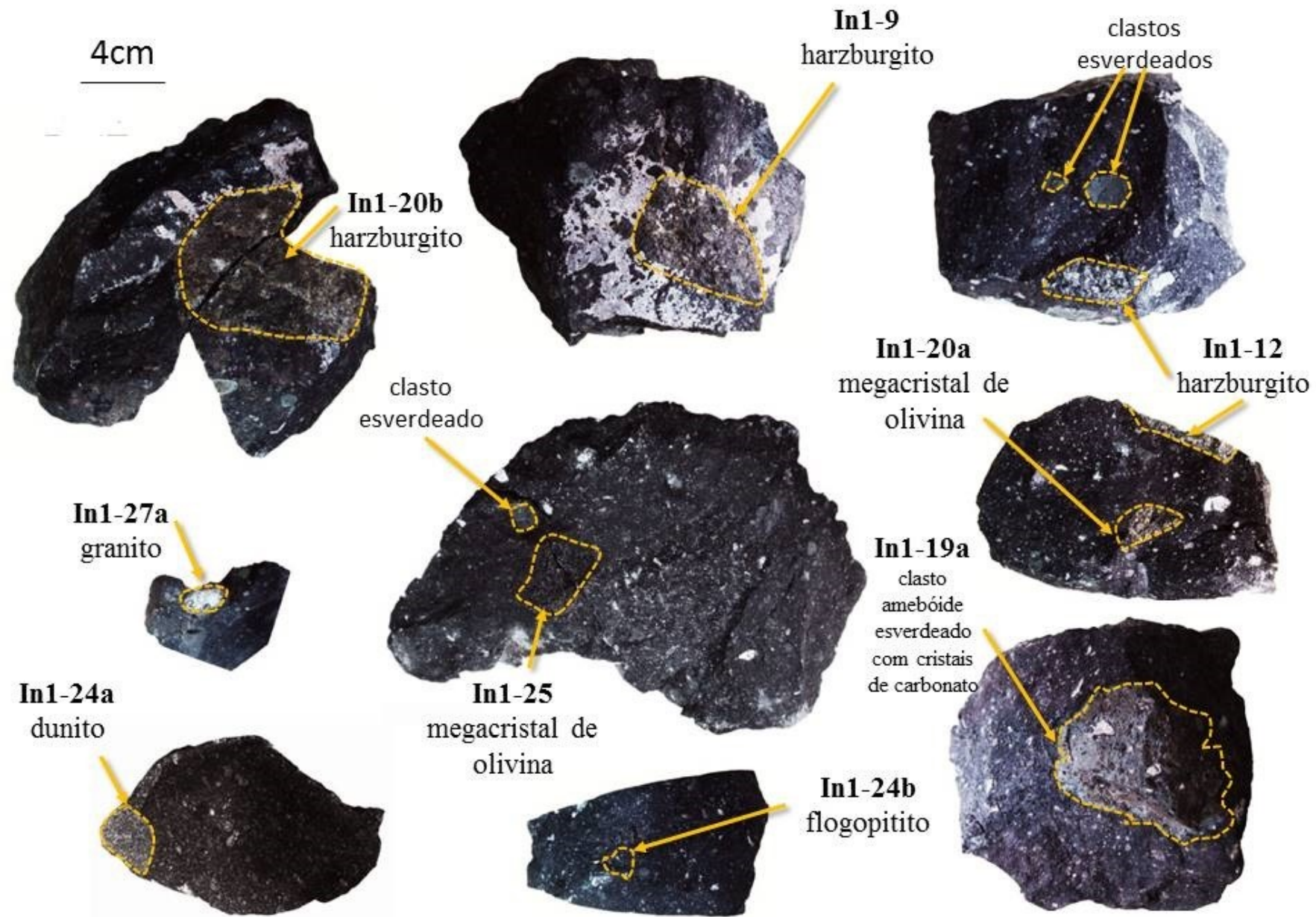


Figura 20 – Imagens de amostras de mão da intrusão Indaiá 1, com detalhe para os nódulos investigados neste trabalho.

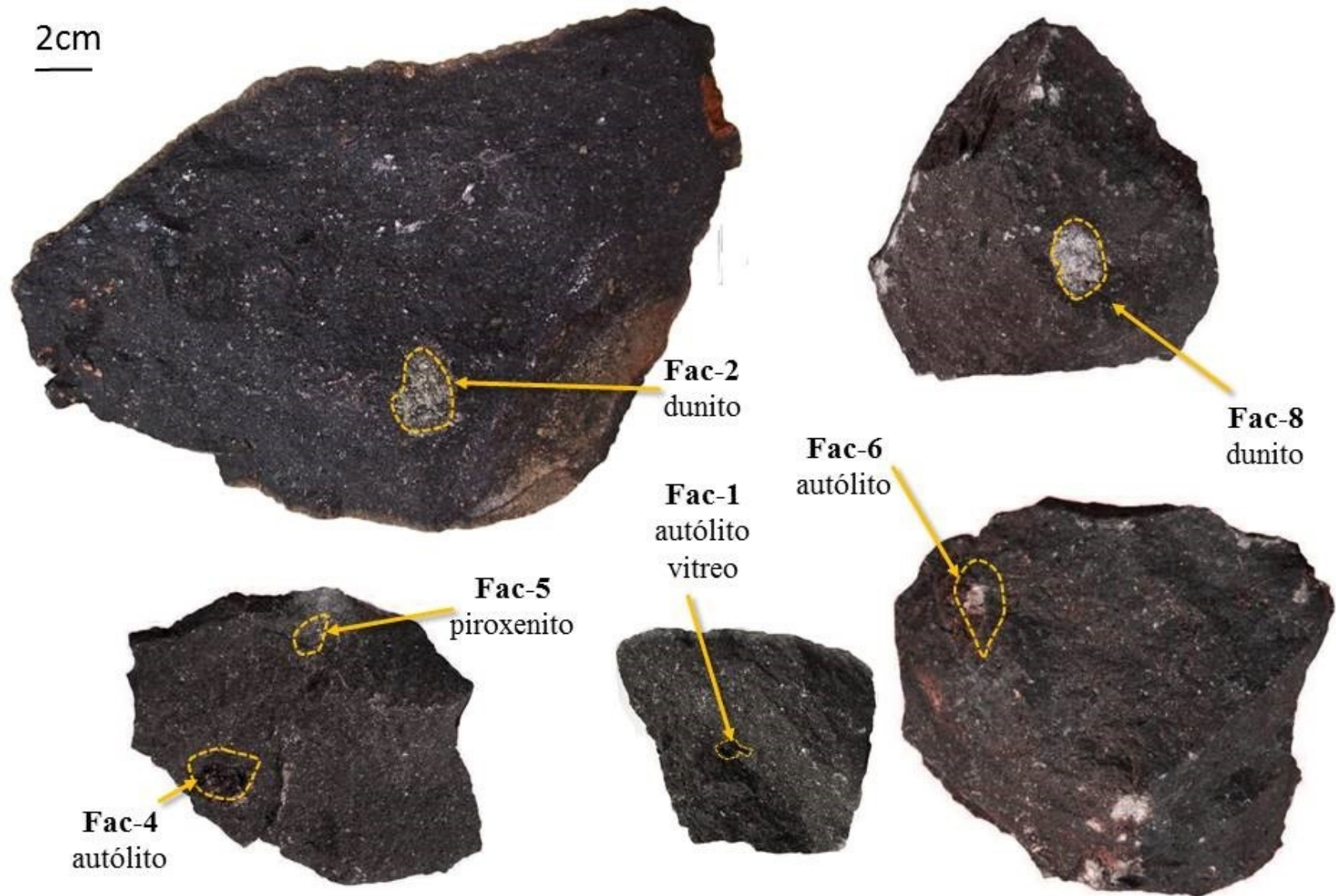


Figura 21 – Imagens de amostras de mão da intrusão Facão, com detalhe para os nódulos investigados neste trabalho.

2cm

In2-1
granito alterado



cavidades de
xenólitos retirados
pelo intemperismo

Figura 22 – Imagens de amostras de mão da intrusão Indaiá 2, com detalhe para os nódulos investigados neste trabalho.

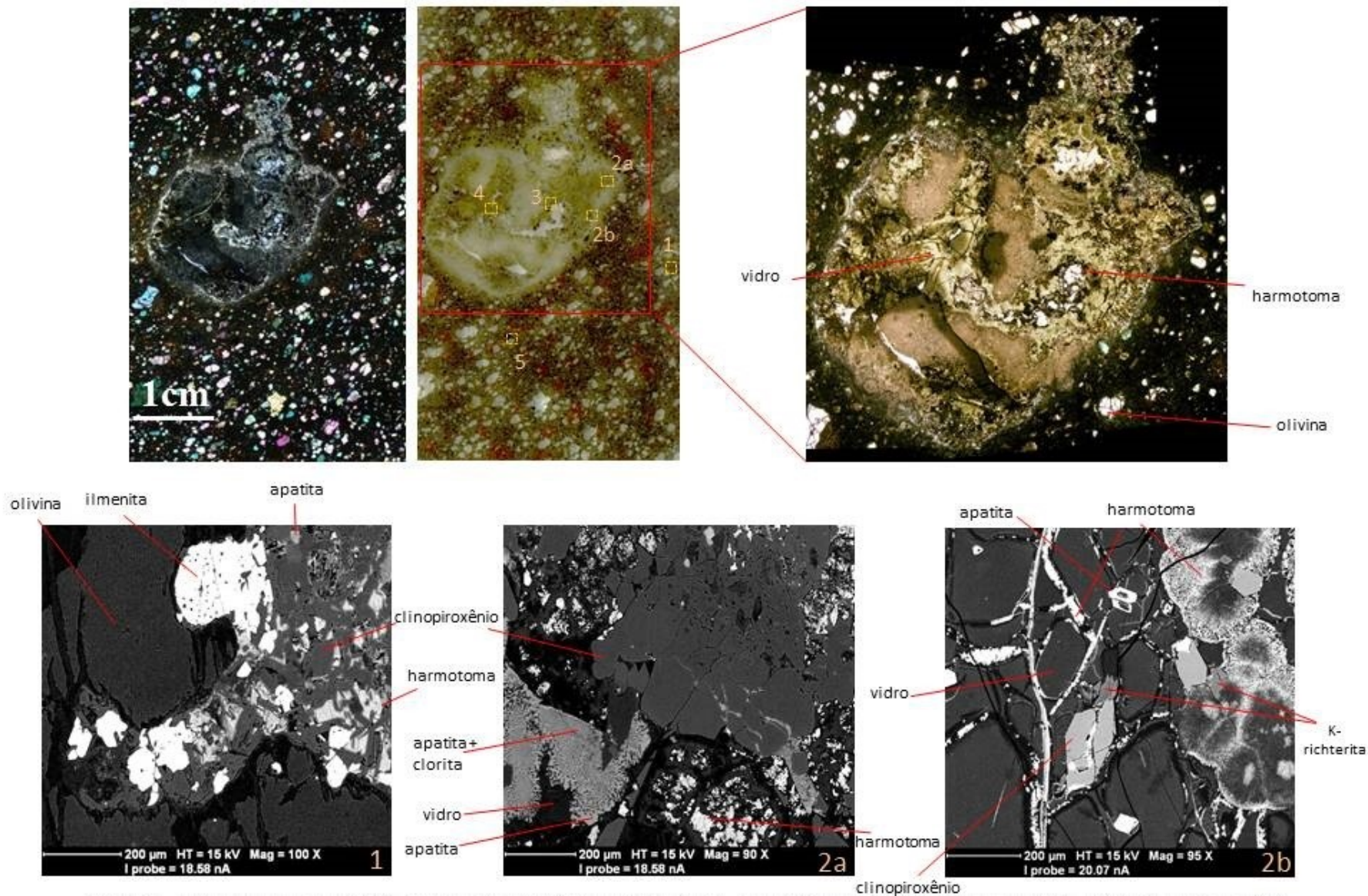


Figura 23 – Imagens de microscópio óptico e de MEV da amostra Fac-1, de autólito de textura vítrea e formato subcircular em meio à lava lamproítica com textura porfírica, dada a presença de macrocristais de olivina. 1- macrocristal de olivina homogêneo com inclusão de ilmenita em meio a matriz composta por clinopiroxênio, harmotoma e apatita; 2a- borda de autólito vítreo exibindo crescimento de clinopiroxênio sobre a partir da matriz vítrea; 2b- cristais de clinopiroxênio euédricos e k-richterita desenvolvidos em meio a matriz vítrea, ocorrência da harmotoma em meio as fraturas no vidro (saponita), e bordas globulares de harmotoma sugerindo reação com o vidro (saponita).

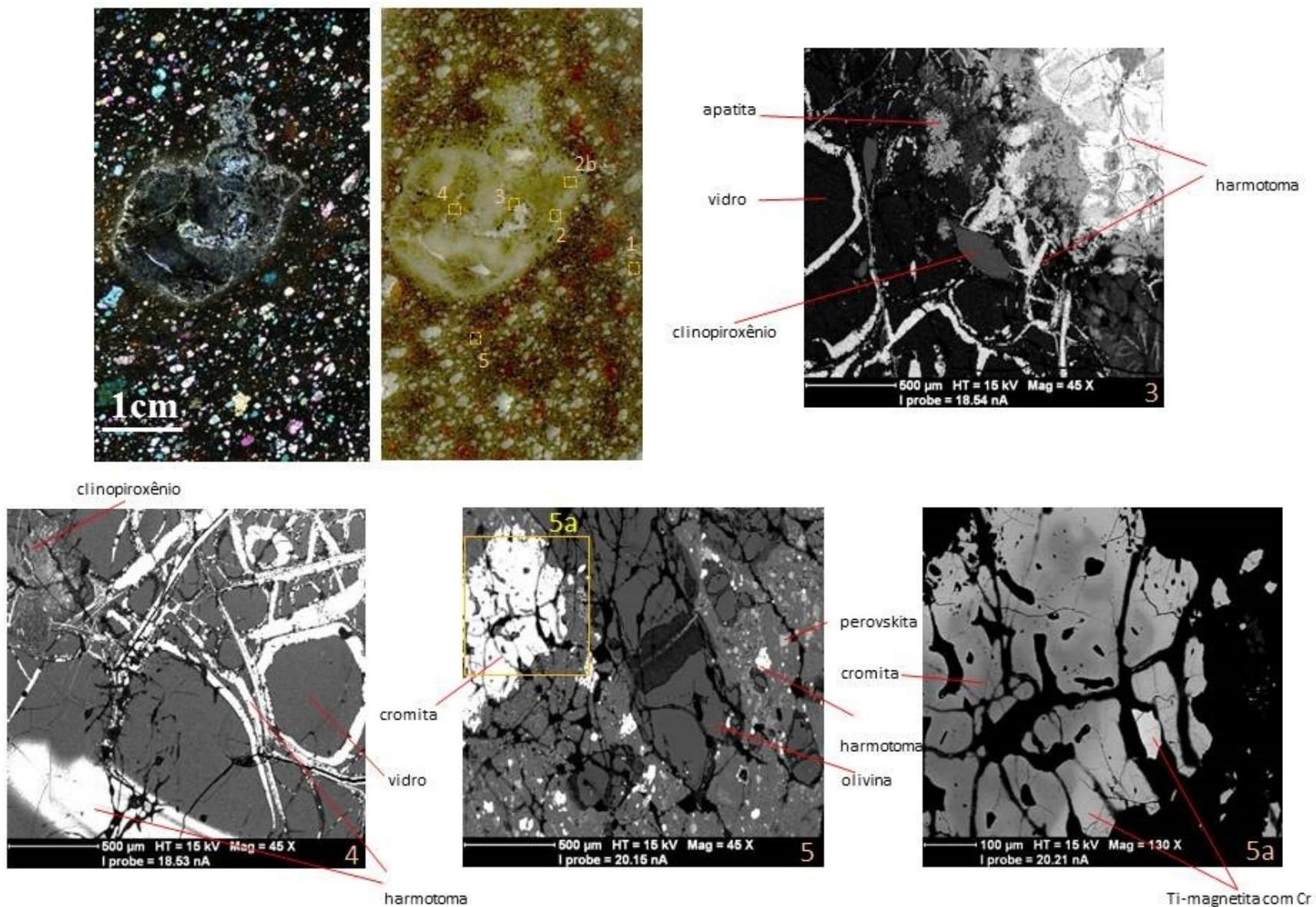


Figura 24– Imagens de microscópio óptico e de MEV da amostra Fac-1, de autólito de textura vítrea e formato subcircular em meio a matriz com textura porfírica dada a presença de macrocristais de olivina. 3, 4 - harmotoma concentrada em fraturas e em glóbulos em meio a matriz vítrea, 5- macrocristais de ilmenita e de olivina em meio a matriz lamproítica, contendo perovskita, 5a- detalhe variação composicional do centro (cromita) para a borda (Ti-magnetita).

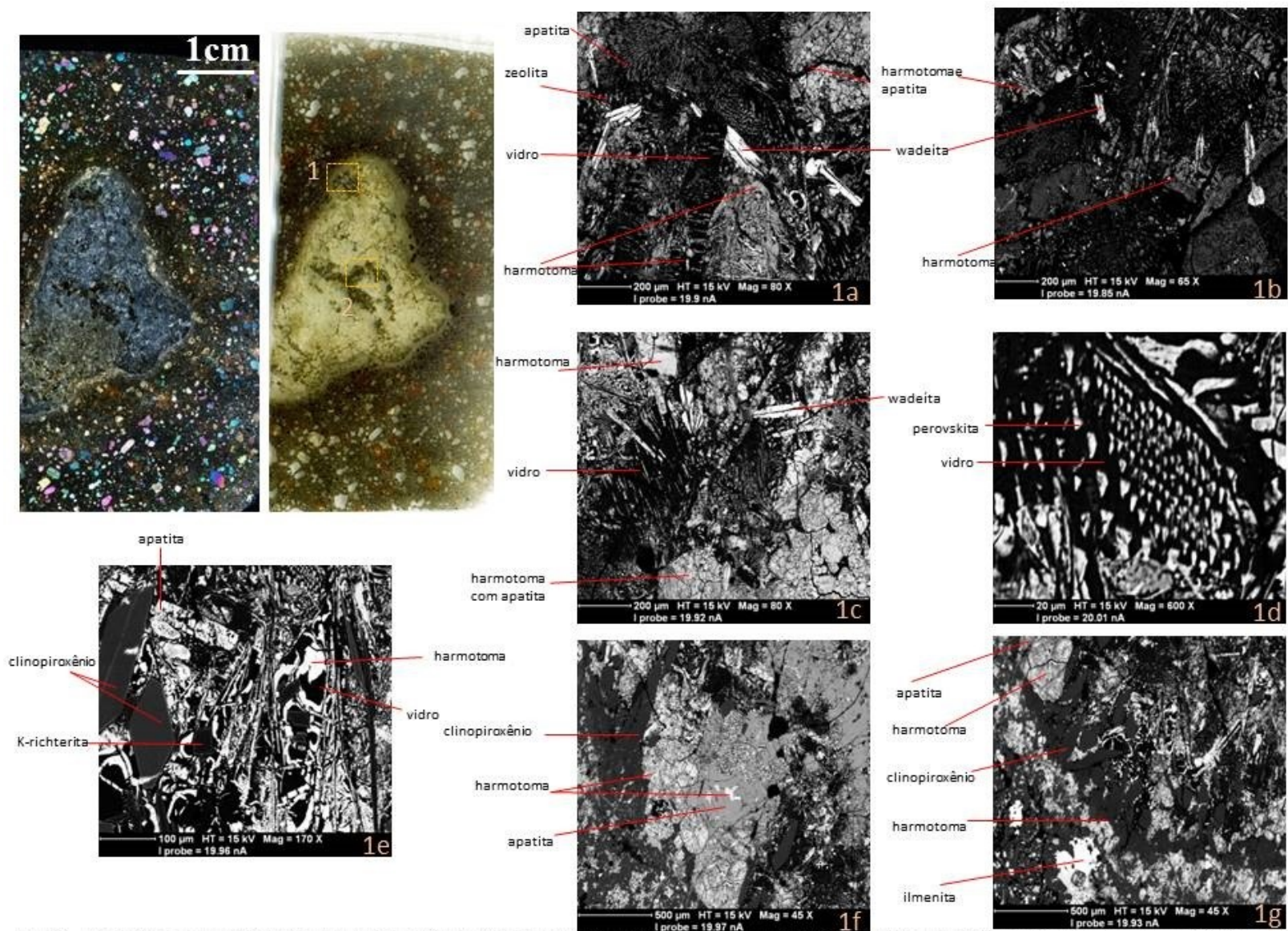


Figura 25 – Imagens de microscópio óptico e de MEV da amostra Fac-4, de autólito vítreo exibindo texturas complexas de desequilíbrio químico com abundante harmotoma. 1a e 1b e 1c- cristais de wadeíta exibindo textura subidiomórfica em meio a matriz vítrea vítrea com harmotoma secundária; 1d- cristais euédricos de perovskita em meio a material vítreo; 1e- vidro (saponita) quase totalmente substituído por harmotoma com cristais euédricos de clinopiroxênio e k-richterita; 1f e 1g- borda do autólito devitrificada apresentando maior desenvolvimento de cristais de clinopiroxênio e alguns cristais de K-richterita, e harmotoma e apatita secundárias abundantes.

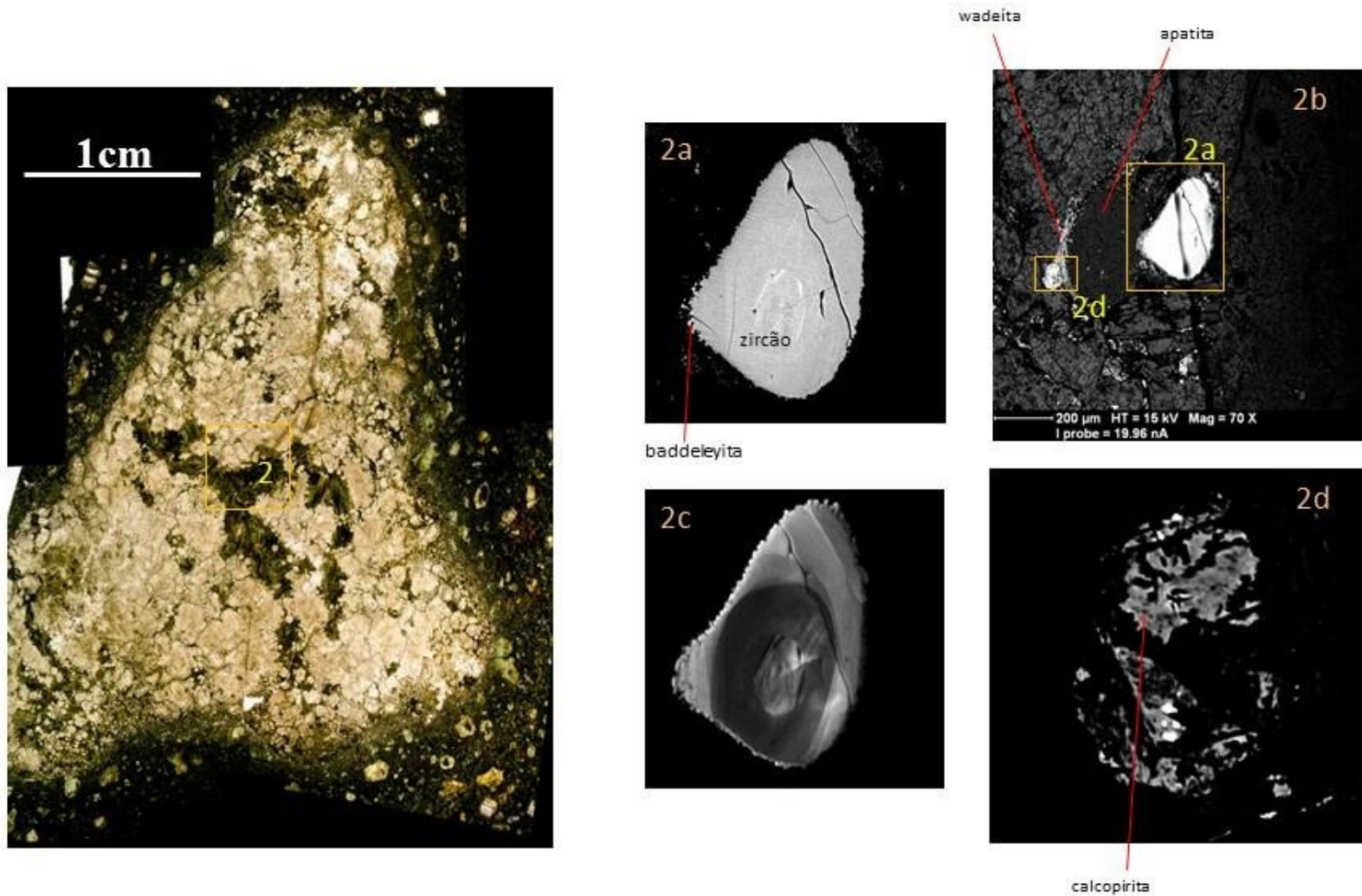


Figura 26 – Imagens de microscópio óptico e de MEV da amostra Fac-4, de autólito vítreo exibindo texturas complexas de desequilíbrio químico com abundante harmotoma. A área destacada (2) representa porção onde ocorre vidro (saponita) abundante. 2a- zircão arredondado com borda de baddeleyita; 2b- zircão e apatita arredondados em meio a vidro (saponita) e harmotomas associados com wadeíta e sulfetos; 2c- catodoluminescência de zircão mostrando heterogeneidade isotópica no zircão; 2d- detalhe de calcopirita e pirita em meio a clorita.

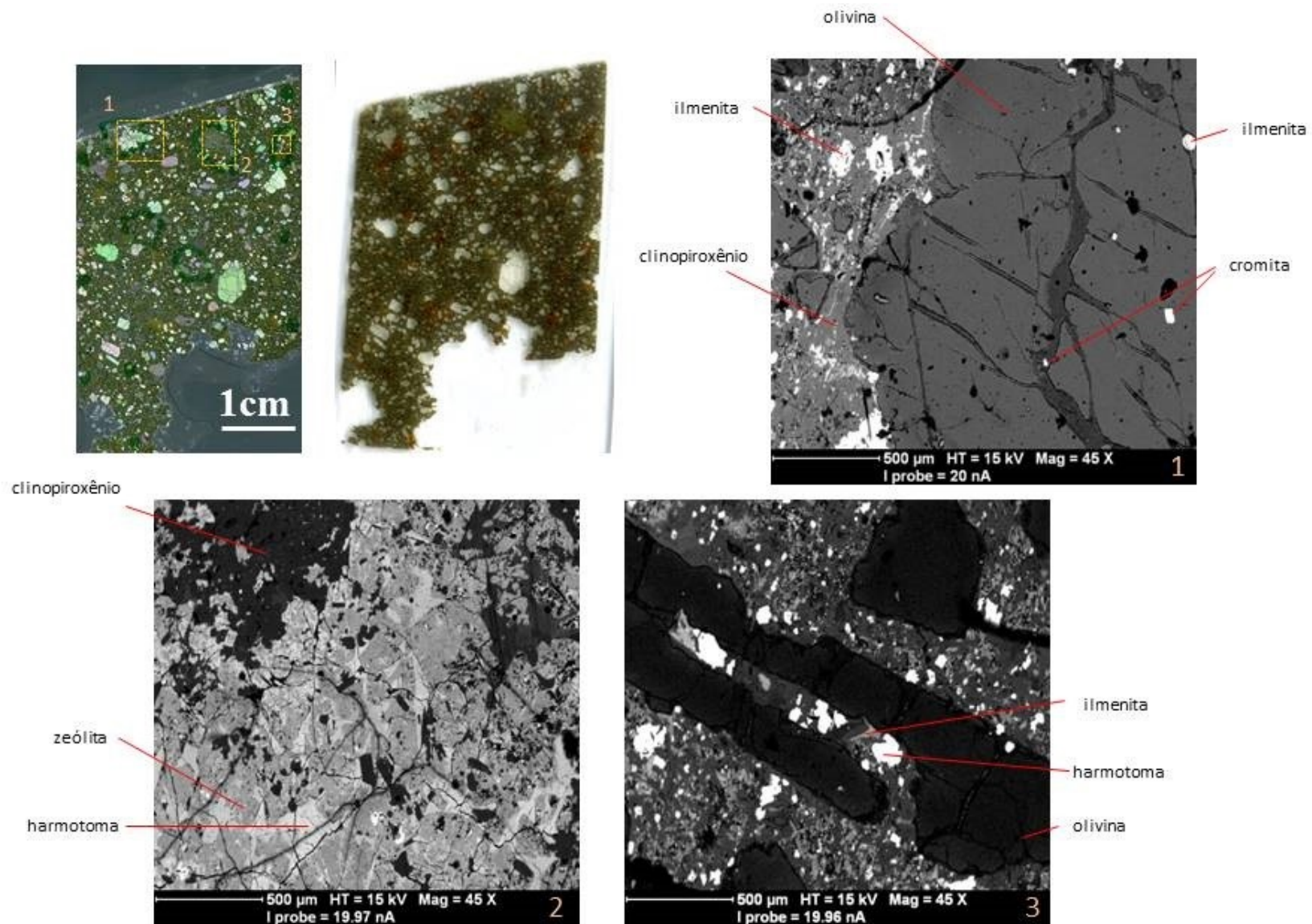


Figura 27 – Imagens de microscópio óptico e de MEV da amostra Fac-3, de lava lamproítica. 1- macrocristal de olivina com inclusões de ilmenita e cromita em contato com matriz lamproítica. 2-ocelo preenchido por harmotoma exibindo heterogeineidade com relação ao conteúdo de bário. 3- cristal idiomórfico de olivina com bordas ricas em Fe e material da matriz penetrando em fratura.

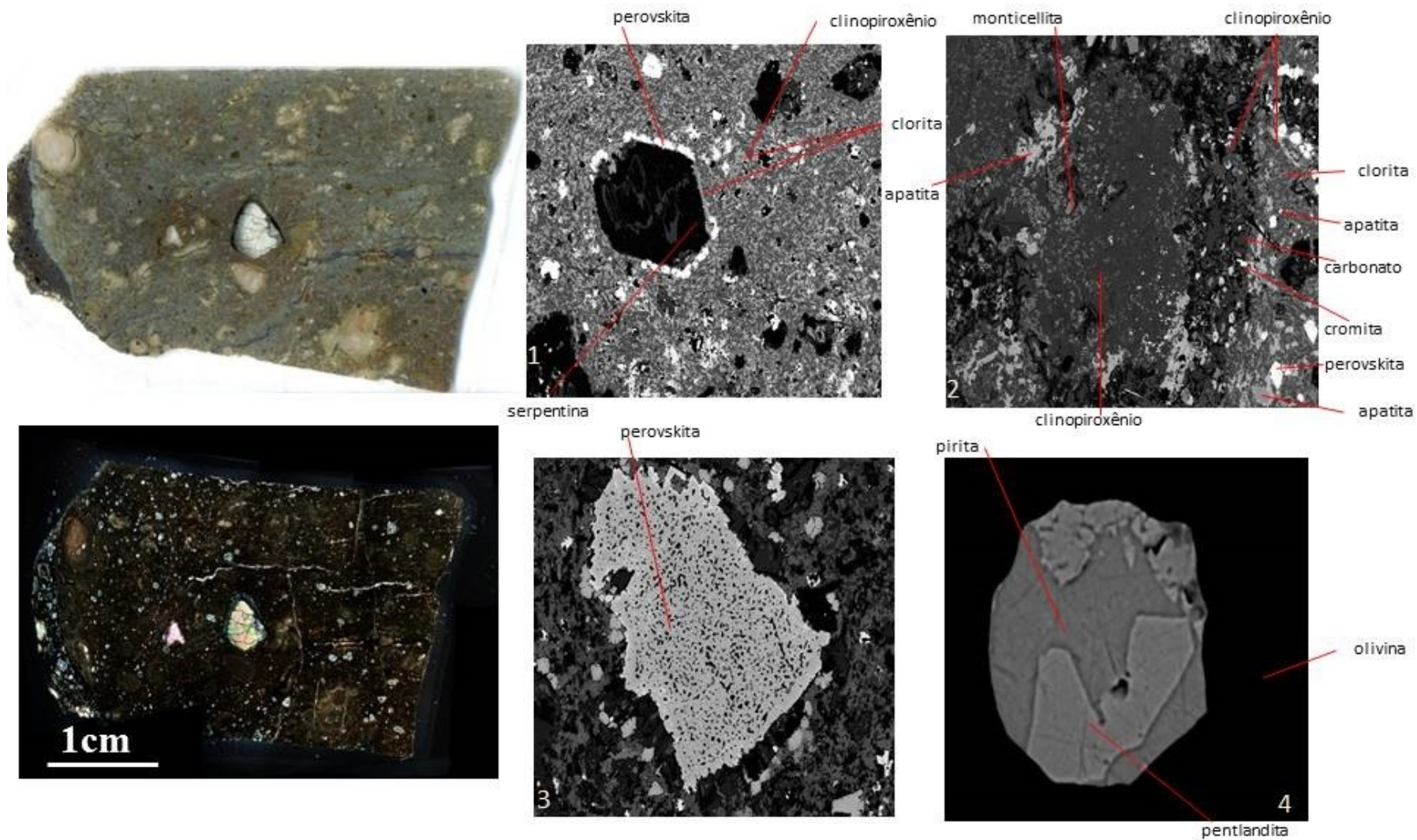


Figura 28 – Imagens de microscópio óptico e de MEV da amostra Lm1-25, de fragmento enriquecido em nódulos de carbonato, e matriz rica em microcristais de clinopiroxênio e abundante perovskita, interpretado com produto da reação do kimberlito com material carbonático. 1- Pseudomorfo de olivina (serpentina) com borda de perovskita em meio a matriz rica em microcristais de clinopiroxênio; 2- porção em matriz kimberlítica fora do material esverdeado com os minerais típicos da matriz do kimberlito Limeira-1; 3- aglomerado de perovskita em meio ao material esverdeado; 4- inclusão em olivina com sulfetos intercrescidos (pirita e pentlandita).

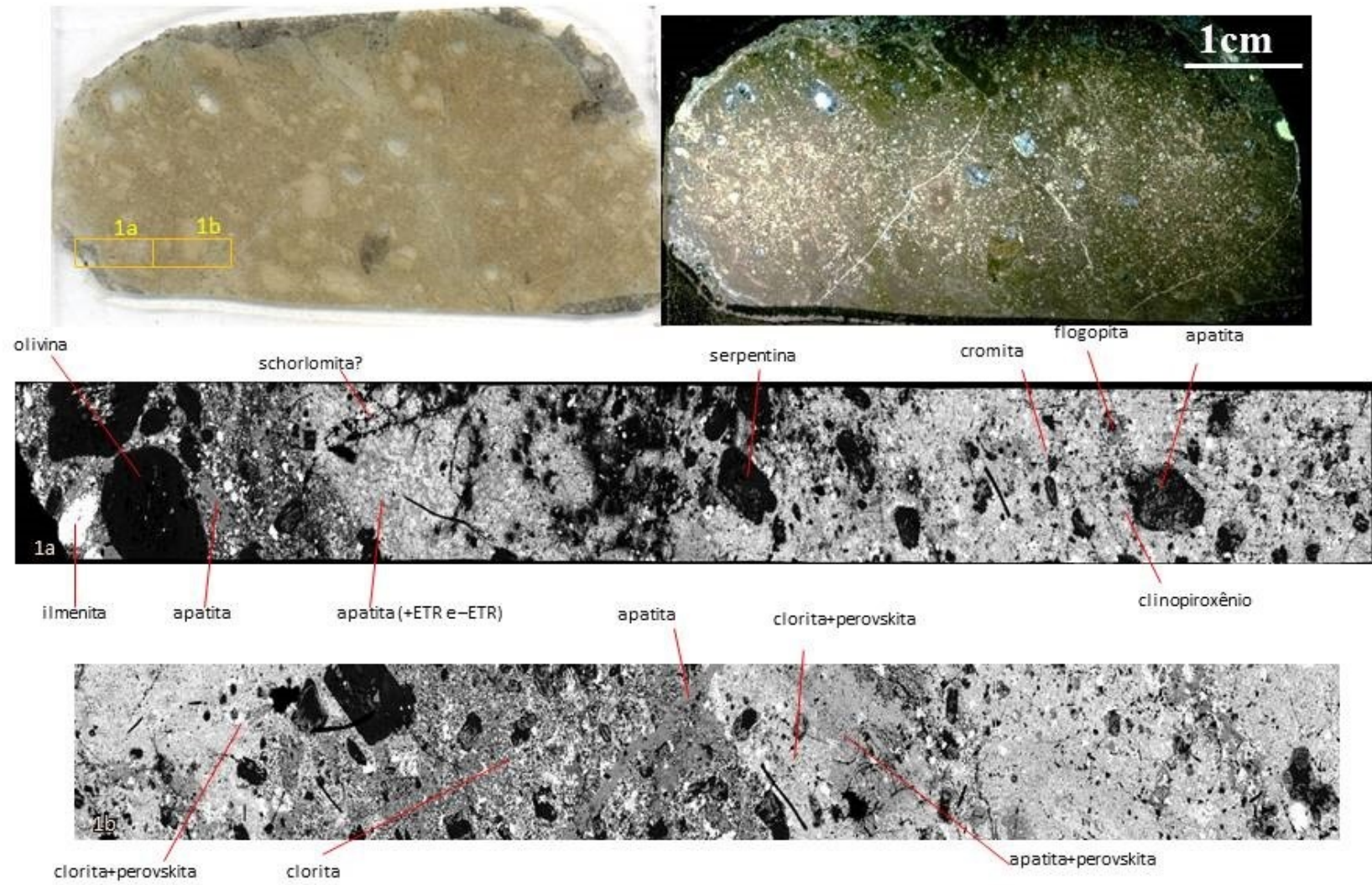


Figura 29 – Imagens de microscópio óptico e de MEV da amostra In1-11, de autólito de com nódulos de carbonato e olivina e matriz alterada com clinopiroxênio. 1a e 1b- seção transversal de MEV partindo da borda do nódulo carbonático.

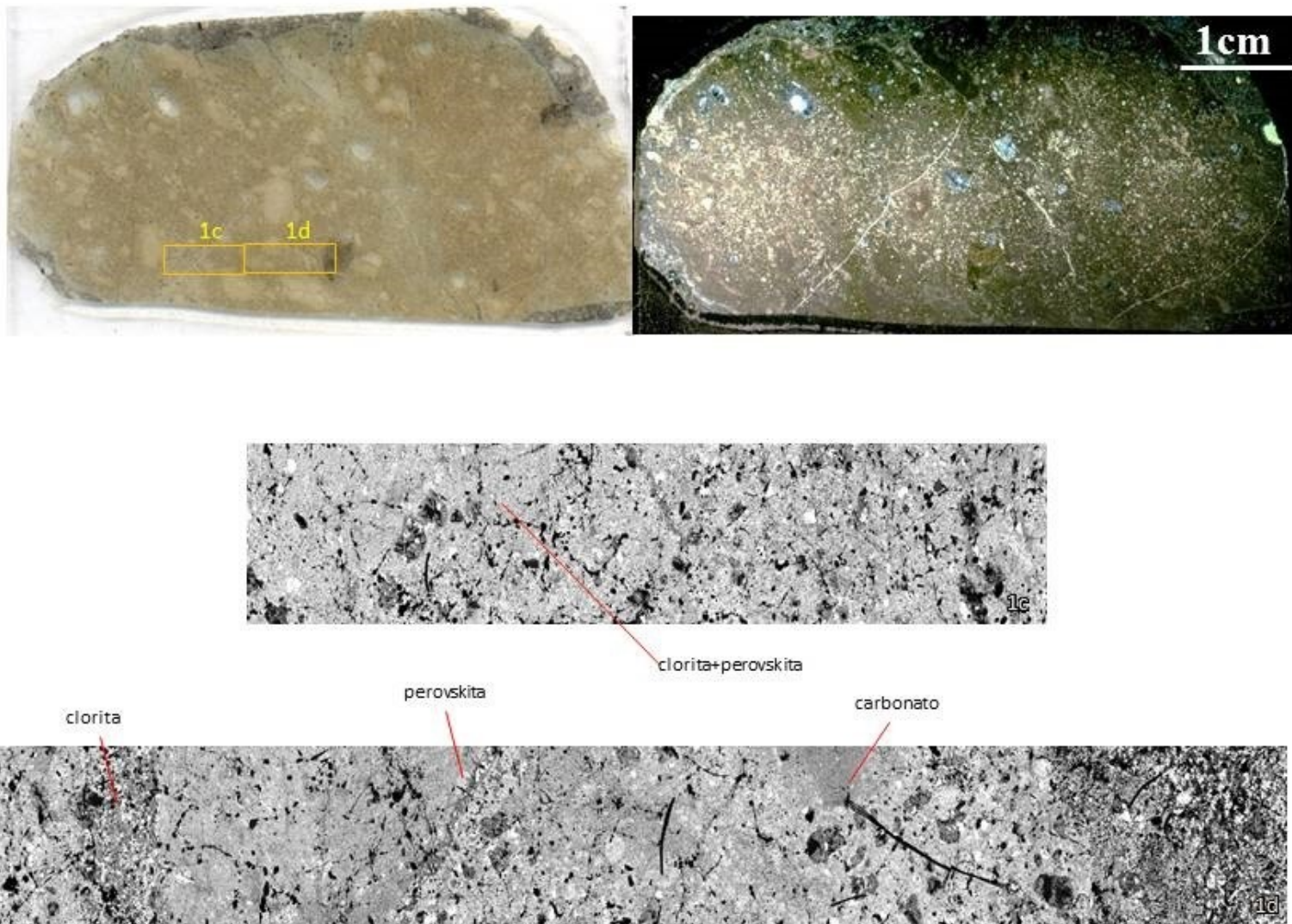


Figura 30 – Imagens de microscópio óptico e de MEV da amostra In1-11, de autólito de com nódulos de carbonato e olivina e matriz alterada com clinopiroxênio. 1c e 1d- continuação da seção transversal de MEV partindo da borda do nódulo carbonático.

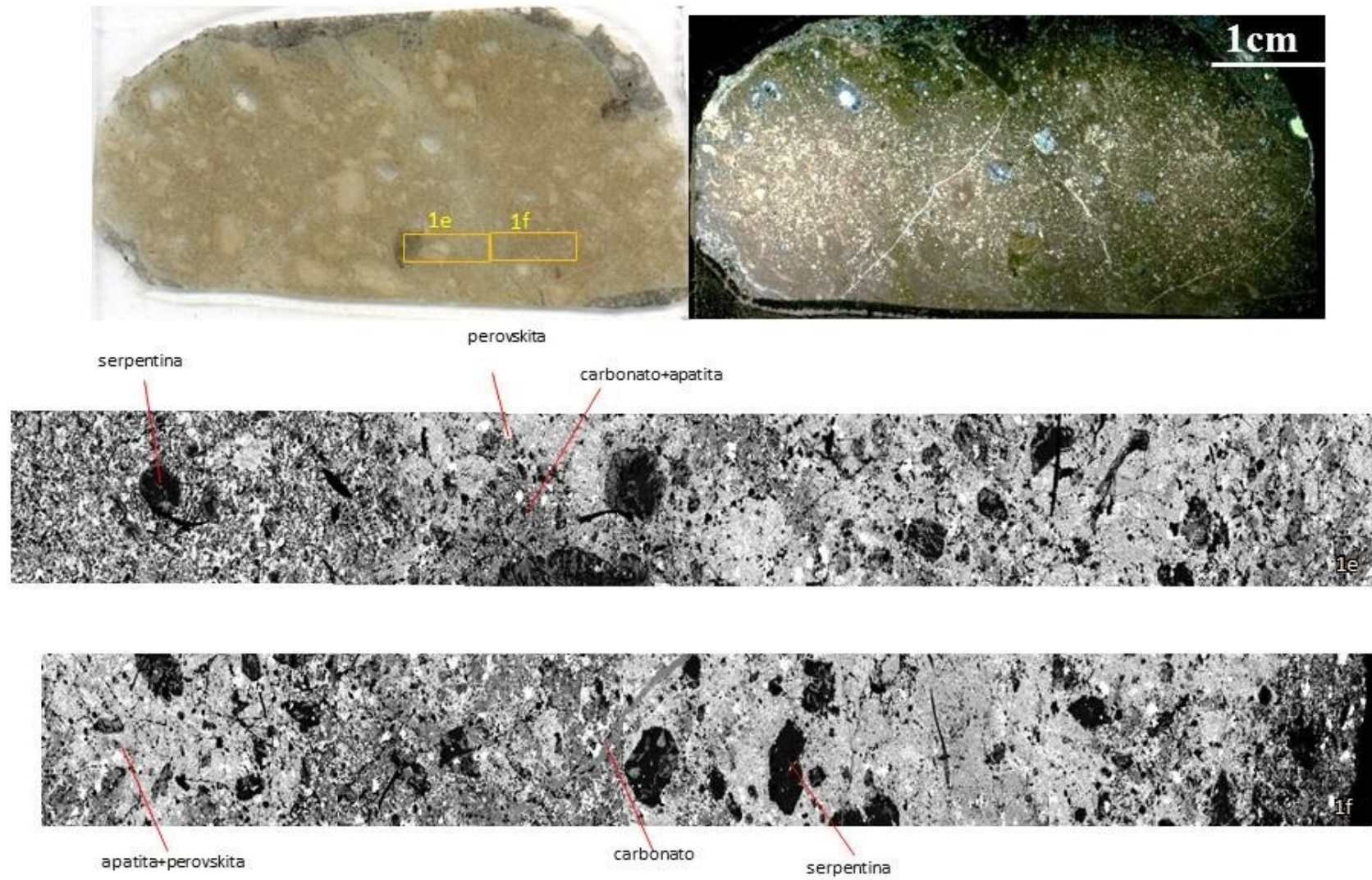


Figura 31 – Imagens de microscópio óptico e de MEV da amostra In1-11, de autólito de com nódulos de carbonato e olivina e matriz alterada com clinopiroxênio. 1e e 1f- continuação da seção transversal de MEV partindo da borda do nódulo carbonático.

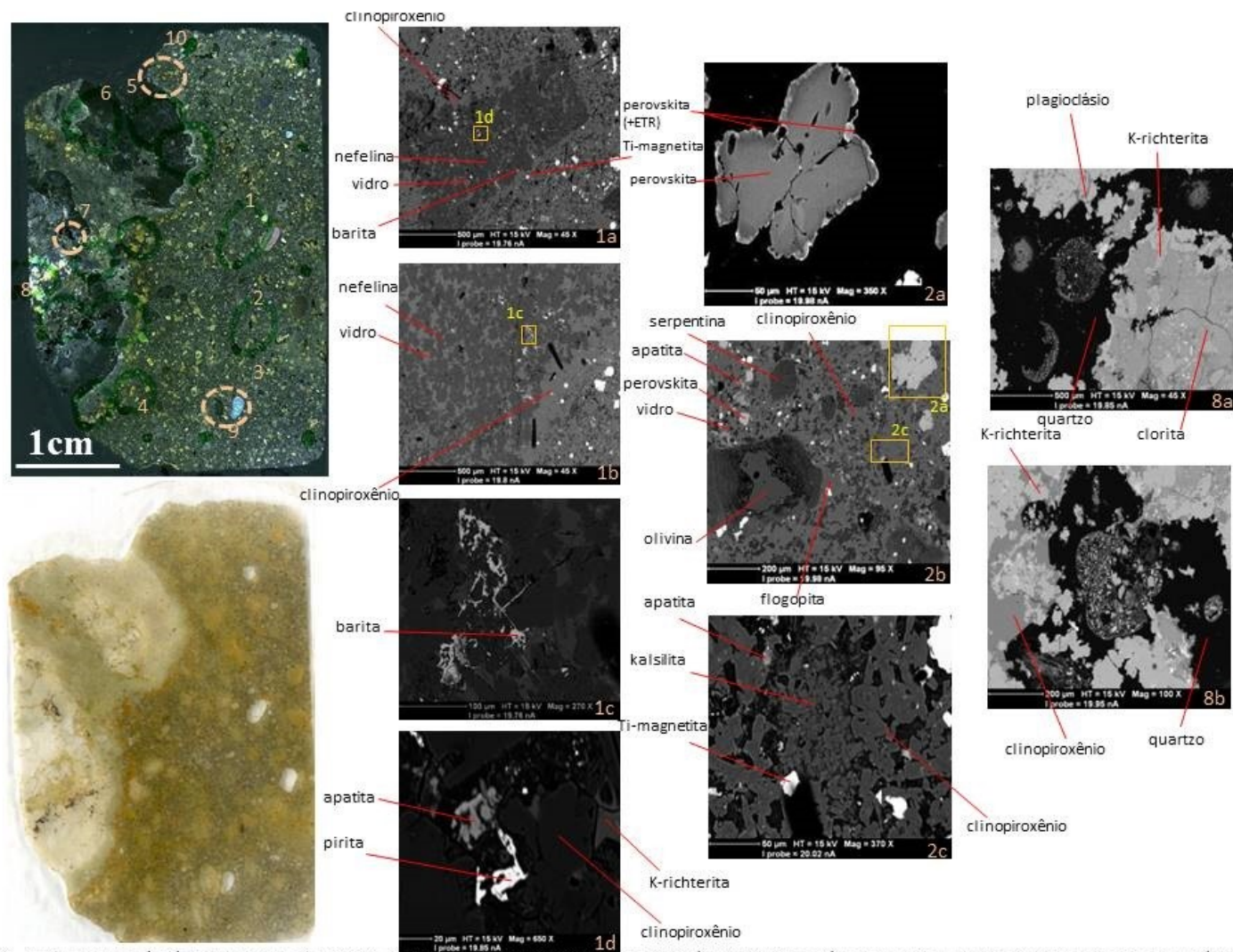


Figura 32 – Imagens de microscópio óptico e de MEV da amostra In2-1, de xenólito de granito em meio a lava kamafugítica com textura porfírica dada a presença de macrocristais de olivina. 1a e 1b- xenólito de nefelinito com nefelina euédrica e vidro (saponita) intersticial; 1c e 1d- sulfetos intersticiais no nefelinito; 2a- cristal de perovskita com borda de cromita; 2b- olivina euédrica e perovskita geminada em matriz kamafugítica; 2c- porção mais fina da matriz com kalsilita; 8a e 8b- clorita e K-richterita em reação com clinopiroxênio e K-richterita em contato com vidro (saponita) e cristais do granito.

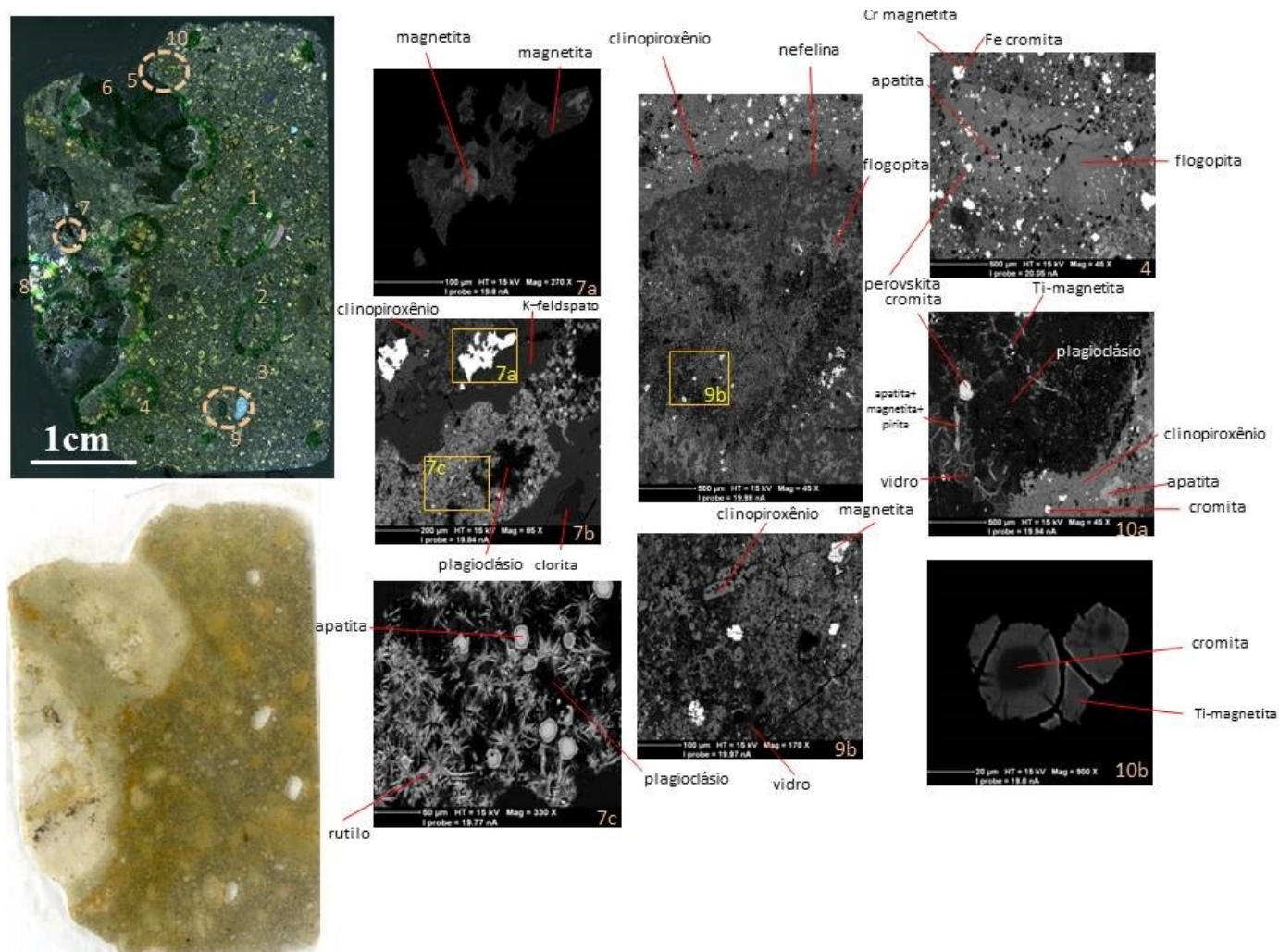


Figura 33 – Imagens de microscópio óptico e de MEV da amostra In2-1, de xenólito de granito em meio a lava kamafugítica com textura porfírica dada a presença de macrocristais de olivina. 7a- cristais anédricos e heterogêneos de magnetita; 7b e 7c- porção com textura de reação e núcleo de composição feldspática, com crescimento de rutilo fino acicular e apatita arredondada; 9a- xenólito com nefelina e borda de reação de clinopiroxênio; 9b- matriz kamafugítica rica em serpentina e cristais subeuédricos de Ti-magnetita; 10a- porção da amostra apresentando plagioclásio remanescente em contato com massa de clinopiroxênio acicular e fraturas preenchidas por material vítreo com fraturas concêntricas preenchidas por apatita e óxidos; 10b- detalhe de cristal de cromita com borda de Ti-magnetita em meio a massa fina de clinopiroxênio.

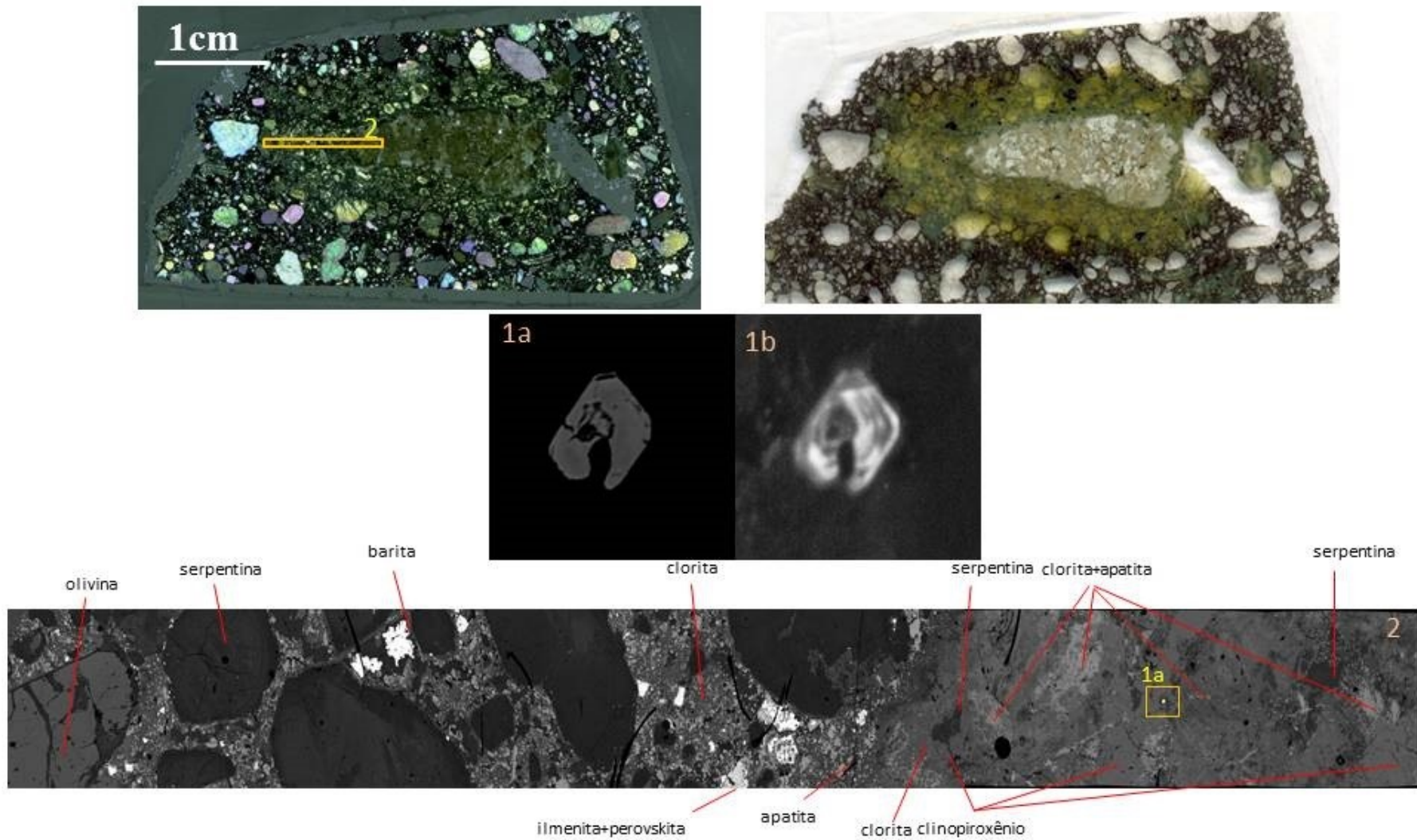


Figura 34 – Imagens de microscópio óptico e de MEV da amostra In1-20d, de xenólito granítico com borda de alteração esverdeada. 1a e 1b (catôdo-luminescência)- zircão idiomórfico encontrado no centro do xenólito granítico; 2- seção de MEV mostrando macrocristal de olivina fora da borda de alteração, a esquerda, e pseudomorfos de olivina para o centro, na parte direita ocorrem minerais reliquias de plagioclásio alterado e meio a matriz composto por clinopiroxênio que possivelmente é produto da reação entre granito e magma kimberlítico.

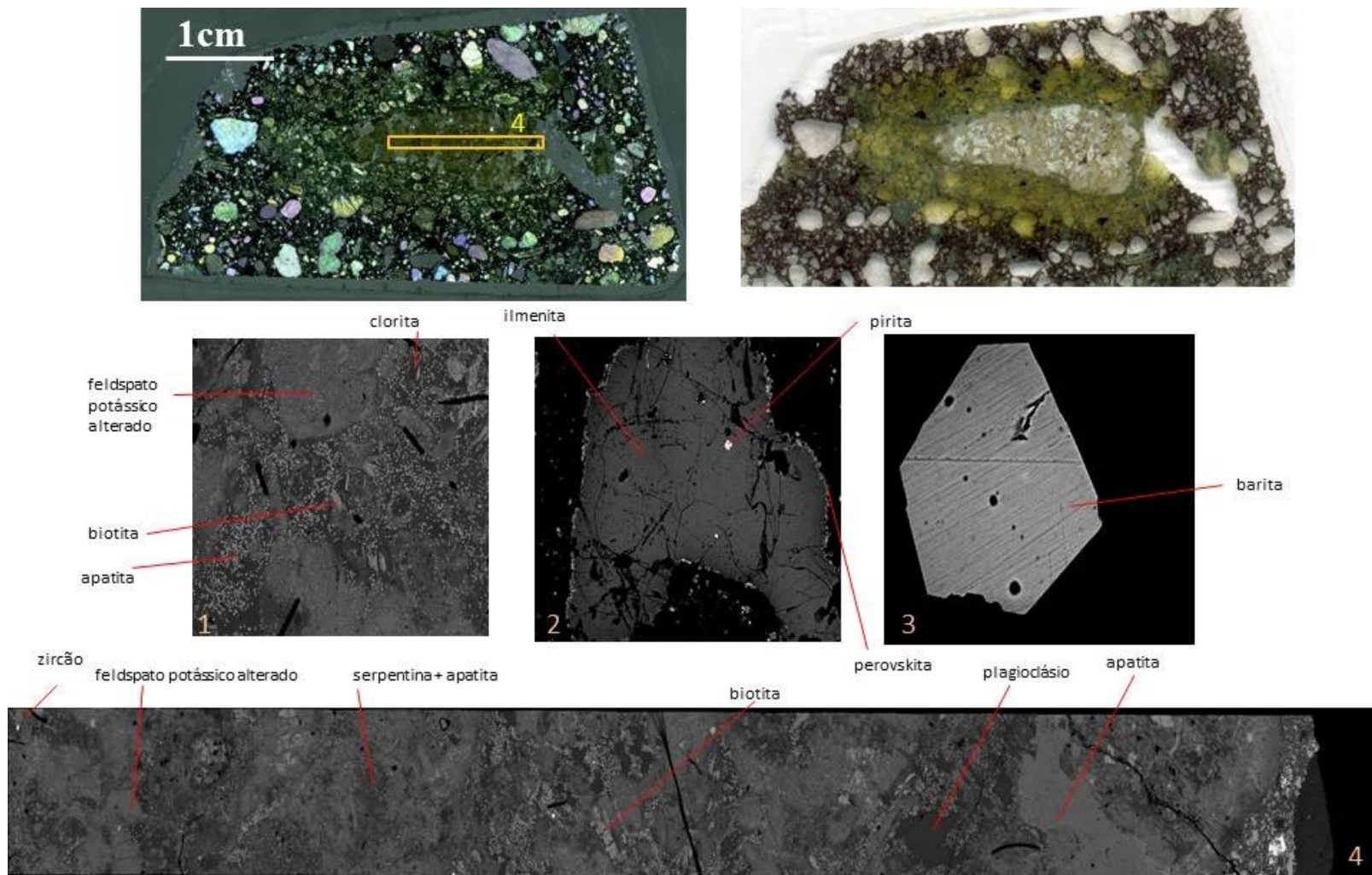


Figura 35 – Imagens de microscópio óptico e de MEV da amostra In1-20d, de xenólito granítico com borda de alteração esverdeada em meio a matriz kimberlítica. 1- textura de reação no centro do granito alterado com feldspato potássico alterado e biotita reliquiar; 2- macrocristal de ilmenita anédrico com inclusão de pirita; 3- macrocristal idiomórfico de barita em meio porção carbonática da matriz.

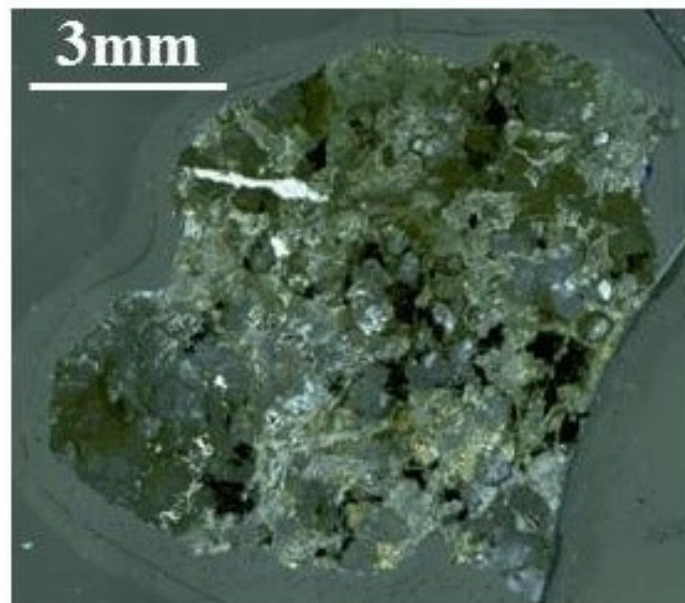


Figura 36 – Imagens de microscópio óptico e de MEV da amostra In1-7, de xenólito granítico.

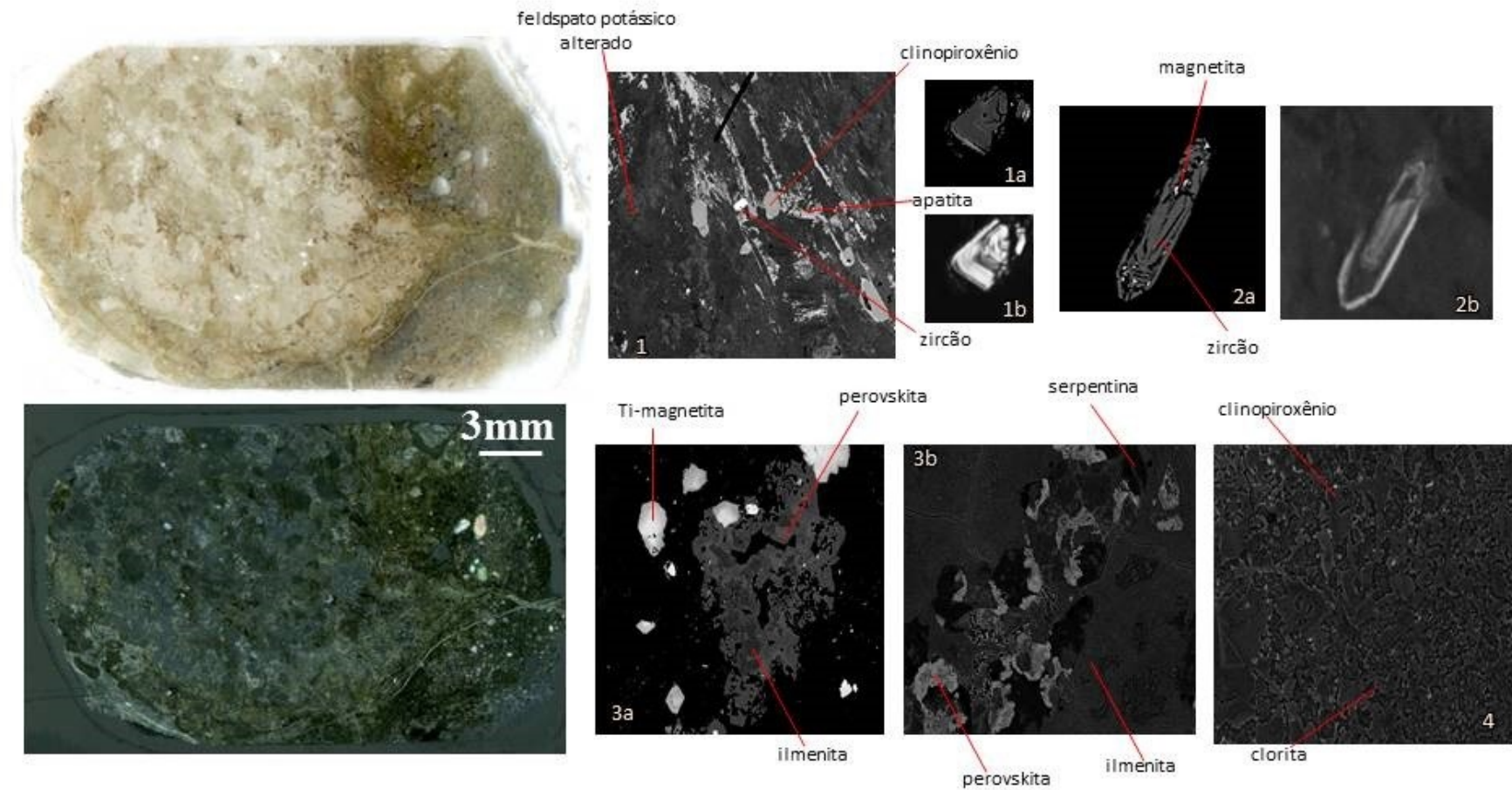


Figura 37 – Imagens de microscópio óptico e de MEV da amostra Lm1-27, de granito arredondado alterado, com borda de reação esverdeada no contato com o kimberlito. 1- veio cortando granito com feldspato potássico alterado apresentando clinopiroxênio, apatita, magnetita e zircão (1a- retroespalhamento e 1b- catodoluminescência); 2a e 2b- zircão idiomórfico com inclusões de magnetita e imagem de catodoluminescência; 3a e 3b- macrocristal de ilmenita com borda de perovskita em matriz kimberlítica alterada; 4- porção de alteração na borda do xenólito granítico apresentando granulação fina, composta por clinopiroxênio e clorita.

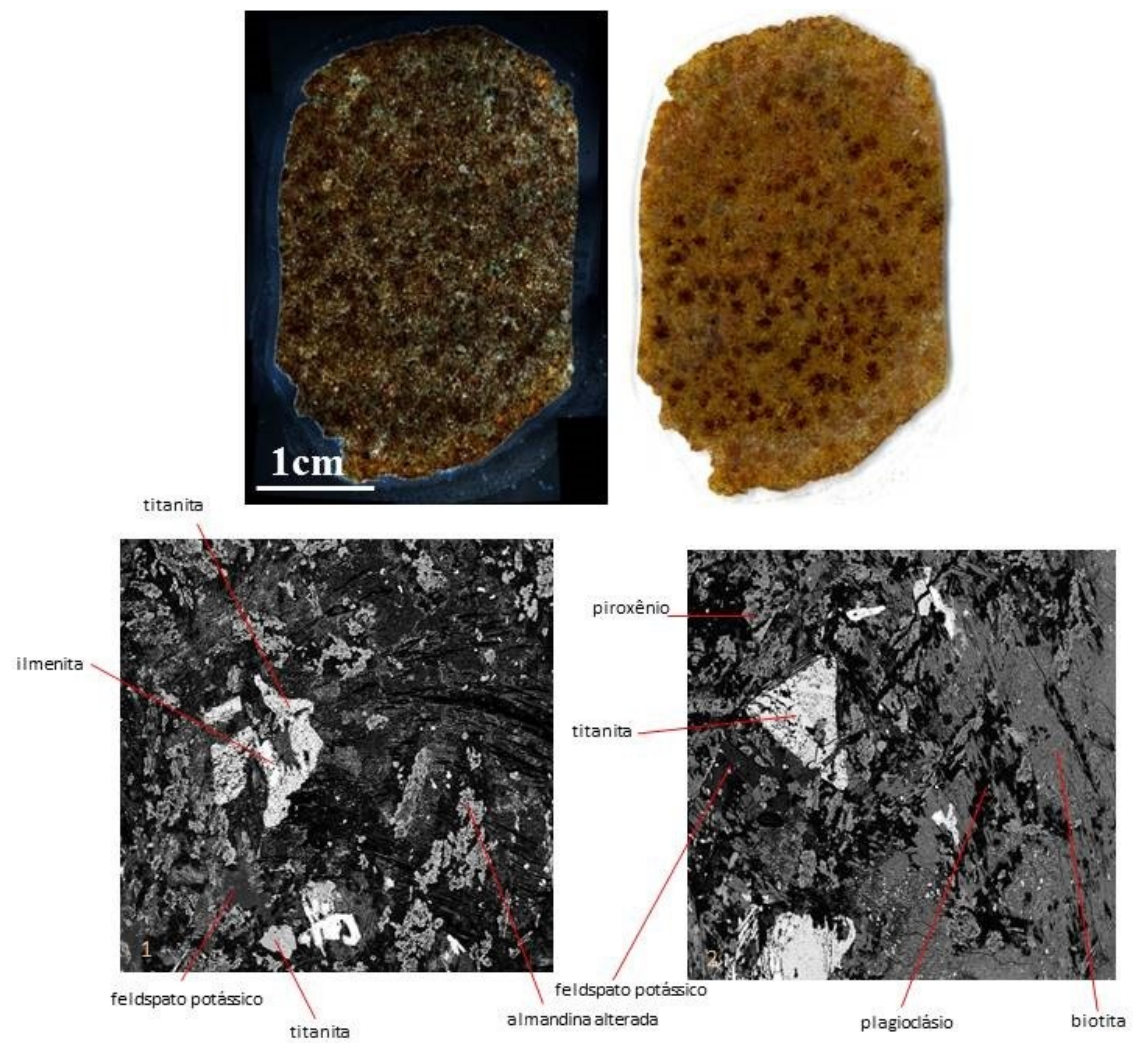


Figura 38 – Imagens de microscópio óptico e de MEV da amostra Fo-4, de xenólito crustal circular alterado composto por feldspato potássico, plagioclásio, biotita, ilmenita sem Mg e titanita.

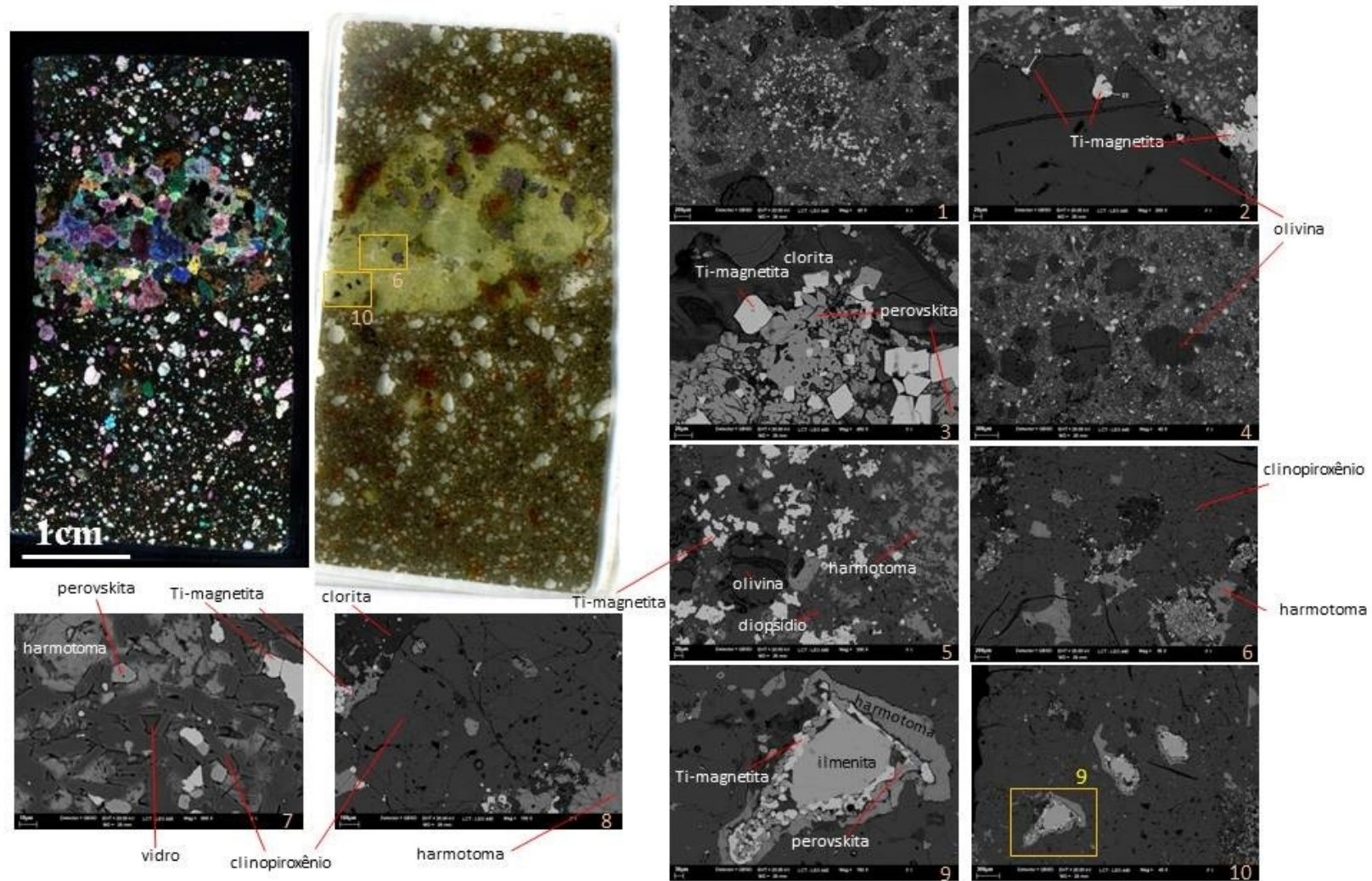


Figura 39 – Imagens de microscópio óptico e de MEV da amostra Fac-5, de piroxenito com bolsões de flogopita alaranjada, clorita e perovskita. 1- matriz do kamafugito exibindo concentração de magnetita em pseudomorfo euédrico; 2- macrocristal de olivina com inclusões de Ti-magnetita; 3- detalhe da matriz em borda de olivina com cristais idiomórficos de Ti-magnetita e perovskita; 4- visão geral da matriz do kamafugito, com macrocristais de olivina; 5- detalhe da matriz do kamafugito; 6- inclusões (ou infiltrações) de harmotoma em meio ao piroxenito; 7- matriz rica em clinopiroxênio idiomórfico com zonação composicional exibindo vidro(saponita) intersticial; 8- detalhe de contato do piroxênio com harmotoma no piroxenito; 9 e 10- ilmenita incluída (ou infiltrada) em piroxenito apresentando borda de magnetita e harmotoma.

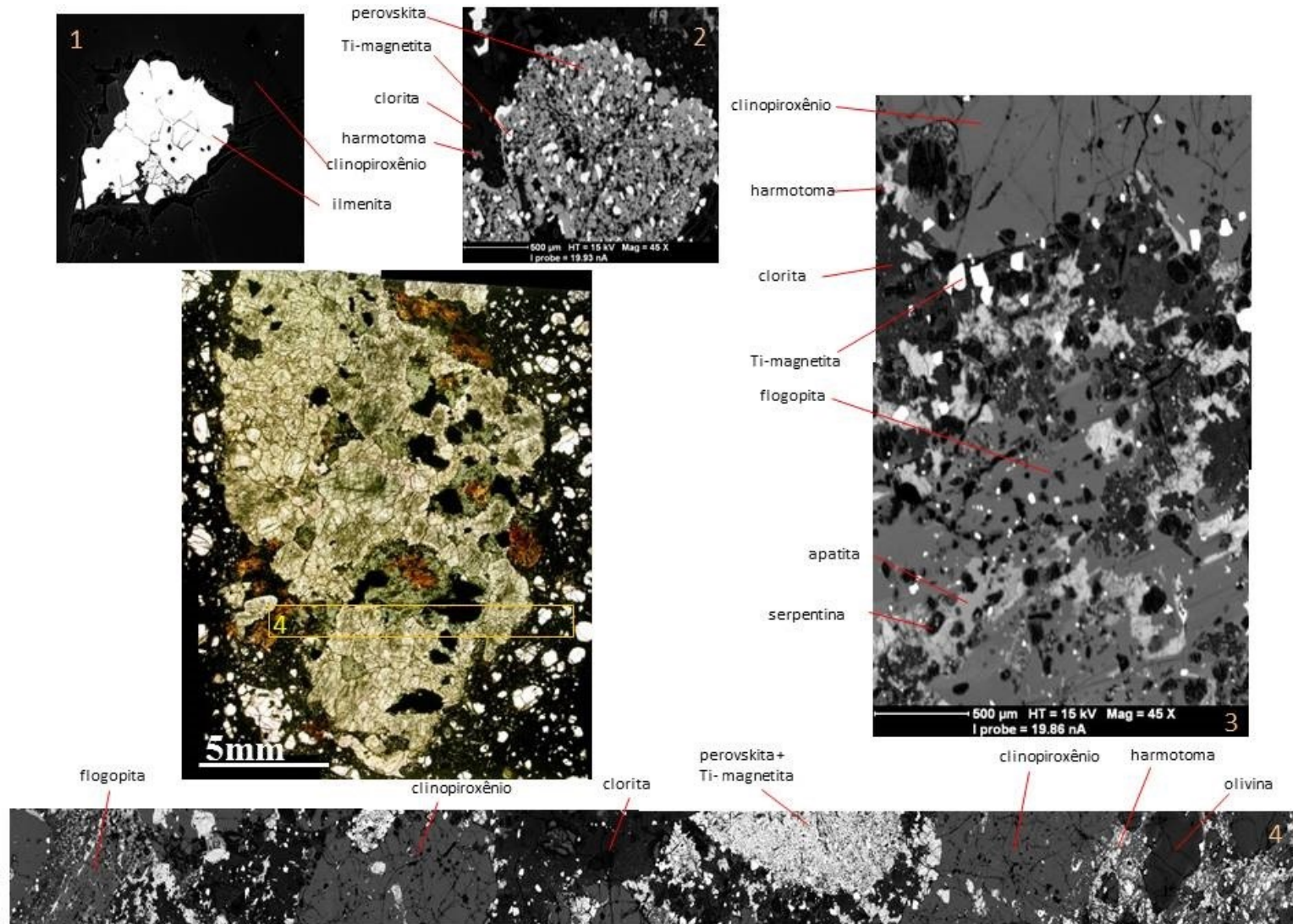


Figura 40 – Imagens de microscópio óptico e de MEV da amostra Fac-5, de piroxenito com bolsões de flogopita alaranjada, clorita e perovskita. 1- detalhe de harmotoma infiltrada no piroxenito; 2- intercrescimento de perovskita e magnetita associado a flogopita em piroxenito; 3- relação textural do piroxênio, flogopita poiquilítica e harmotoma; 4- seção transversal de MEV de parte do piroxenito.

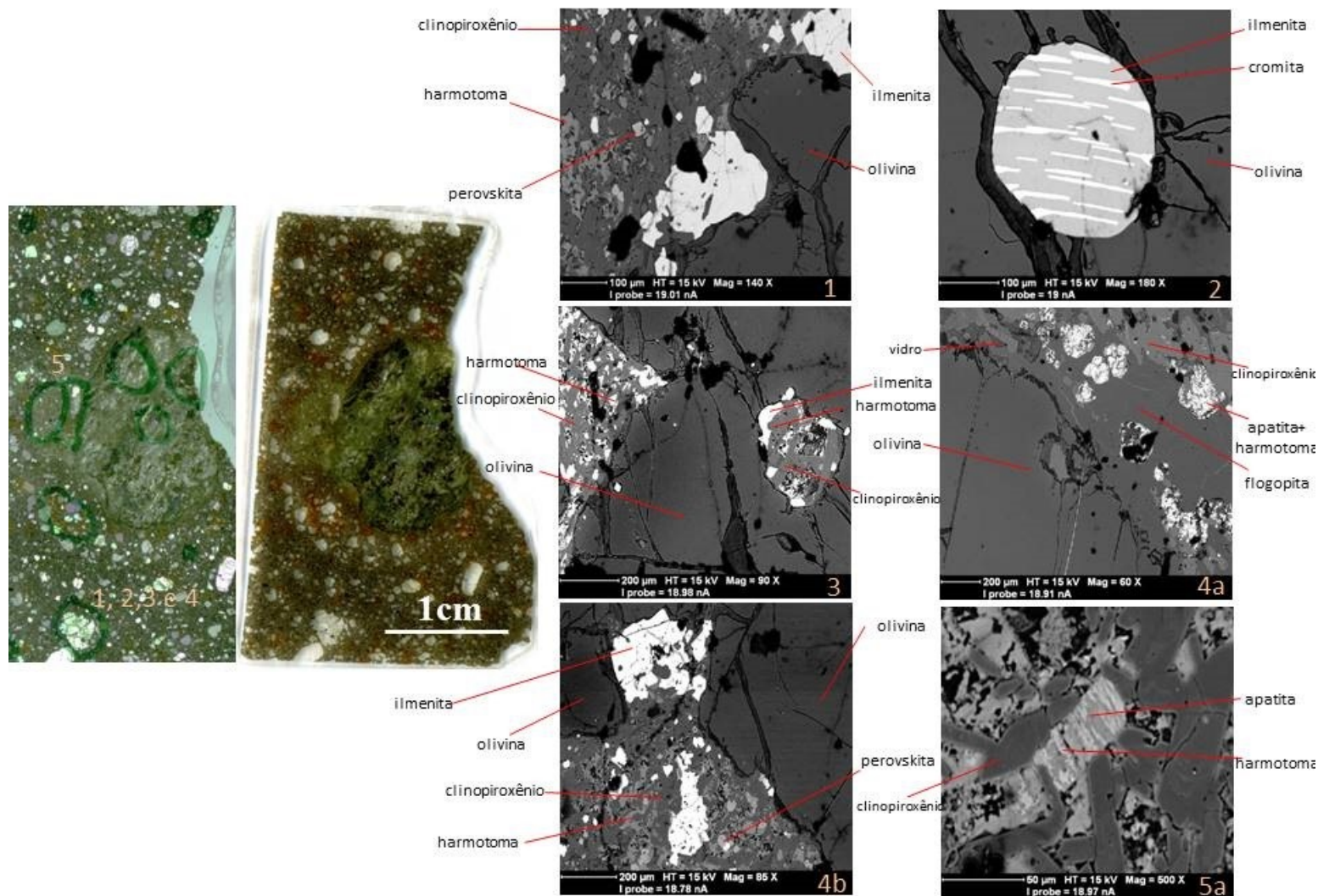


Figura 41 – Imagens de microscópio óptico e de MEV da amostra Fac-6, de kamafugito com nódulo de piroxenito em desequilíbrio textural. 1 e 4a e 4b- macrocristal de olivina em contato com magma kamafugítico; 2- macrocristal de olivina com inclusões de ilmenita com lamelas de cromita; 3- macrocristal de olivina em contato com magma lamprótico e com interstícios preenchidos por material da matriz; 5a- detalhe da matriz com clinopiroxênio idiomórfico ao lado de harmotoma e apatita intercrescidas.

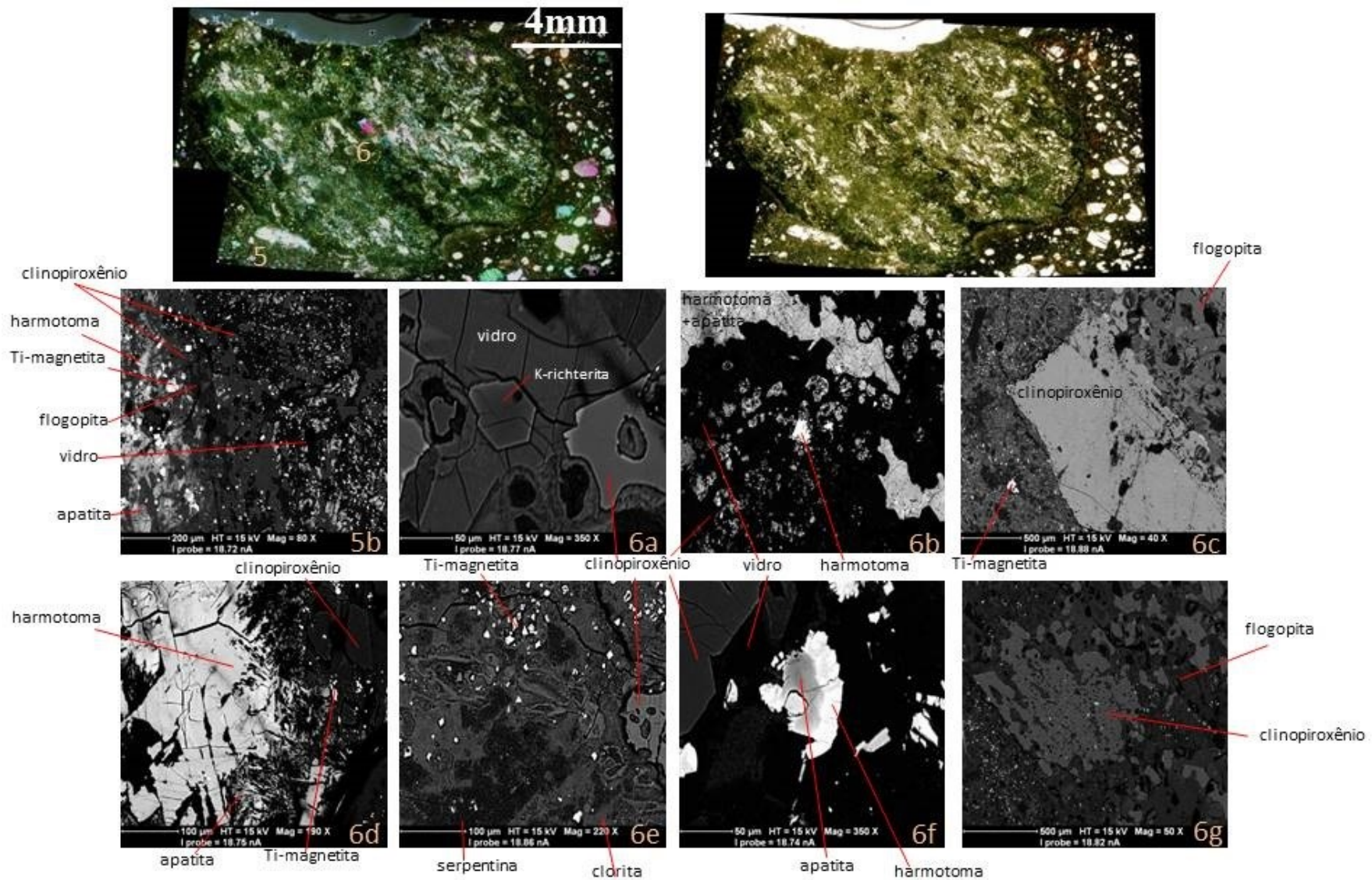


Figura 42 – Imagens de microscópio óptico e de MEV da amostra Fac-6, de kamafugito com nódulo de piroxenito em desequilíbrio textural. 5b- detalhe de porção do piroxenito com granulometria muito fina e desequilíbrio textural, com mineralogia semelhante ao magma hospedeiro; 6a- porção vitrea da amostra com cristais de clinopiroxênio e K-richerita com borda rica em Fe; 6b, 6d e 6f - parte do piroxenito com harmotoma anédrica em contato com clorita; 6c, 6e e 6g- macrocristais de clinopiroxênio remanescentes do piroxenito rodeados por material muito fino ou por flogopita e magnetita.

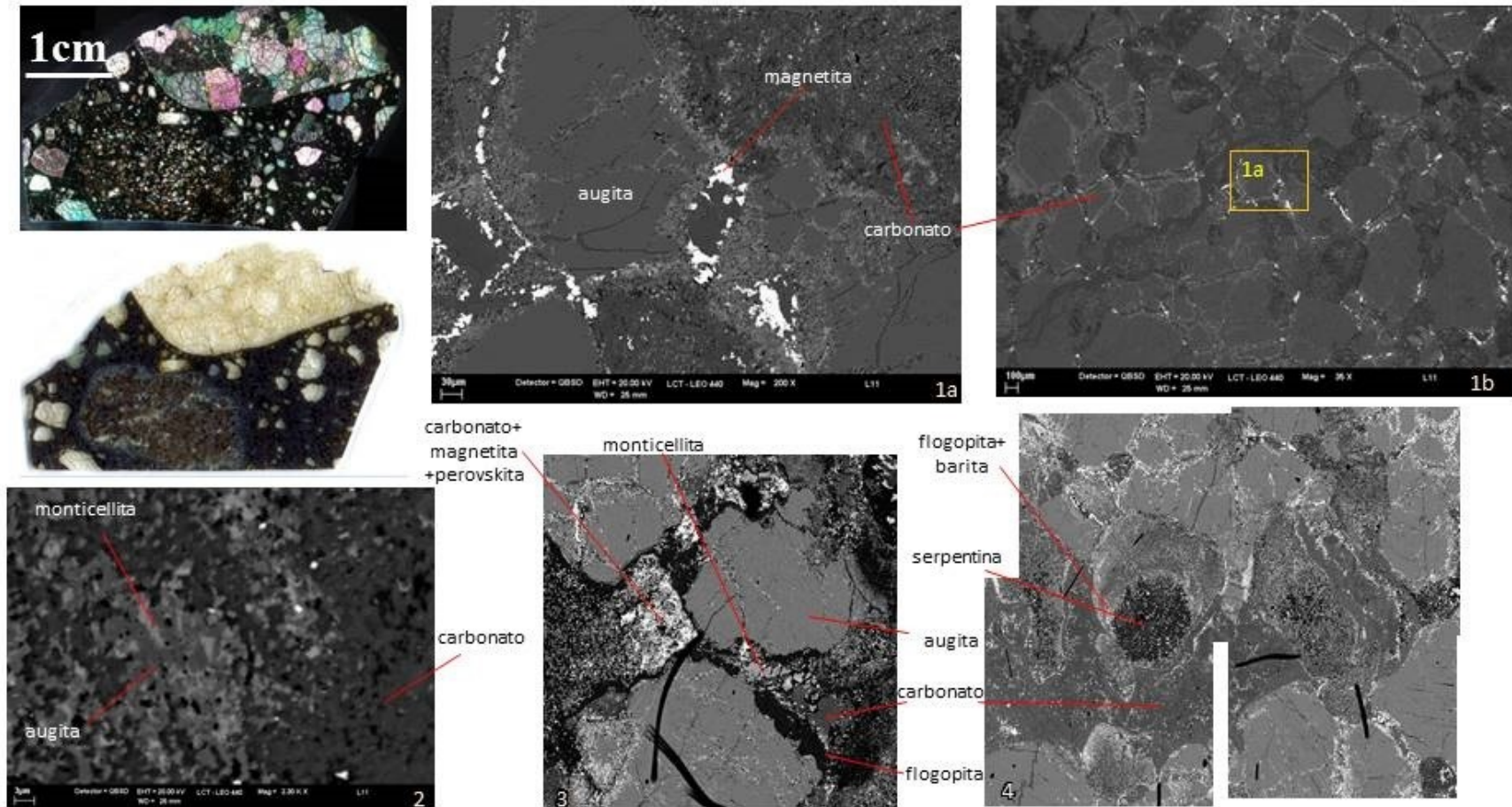


Figura 43 – Imagens de microscópio óptico e de MEV da amostra Lm1-14a e Lm1-14b, de dunito e de piroxenito alterado em meio a matriz kimberlítica. 1a e 1b- detalhe de piroxenito composto por augita rodeada por monticellita, magnetita e carbonato; 2- detalhe de borda de reação mostrando cristais corroídos remanescentes de augita e apatita e carbonato com magnetita; 3- detalhe do piroxenito mostrando cristais de augita preservados em meio a massa composta por carbonato, monticellita e magnetita; 4- porção intensamente alterada com infiltração de carbonato e minerais kimberlíticos, ocorre serpentina na forma de pseudomorfo de olivina no centro.

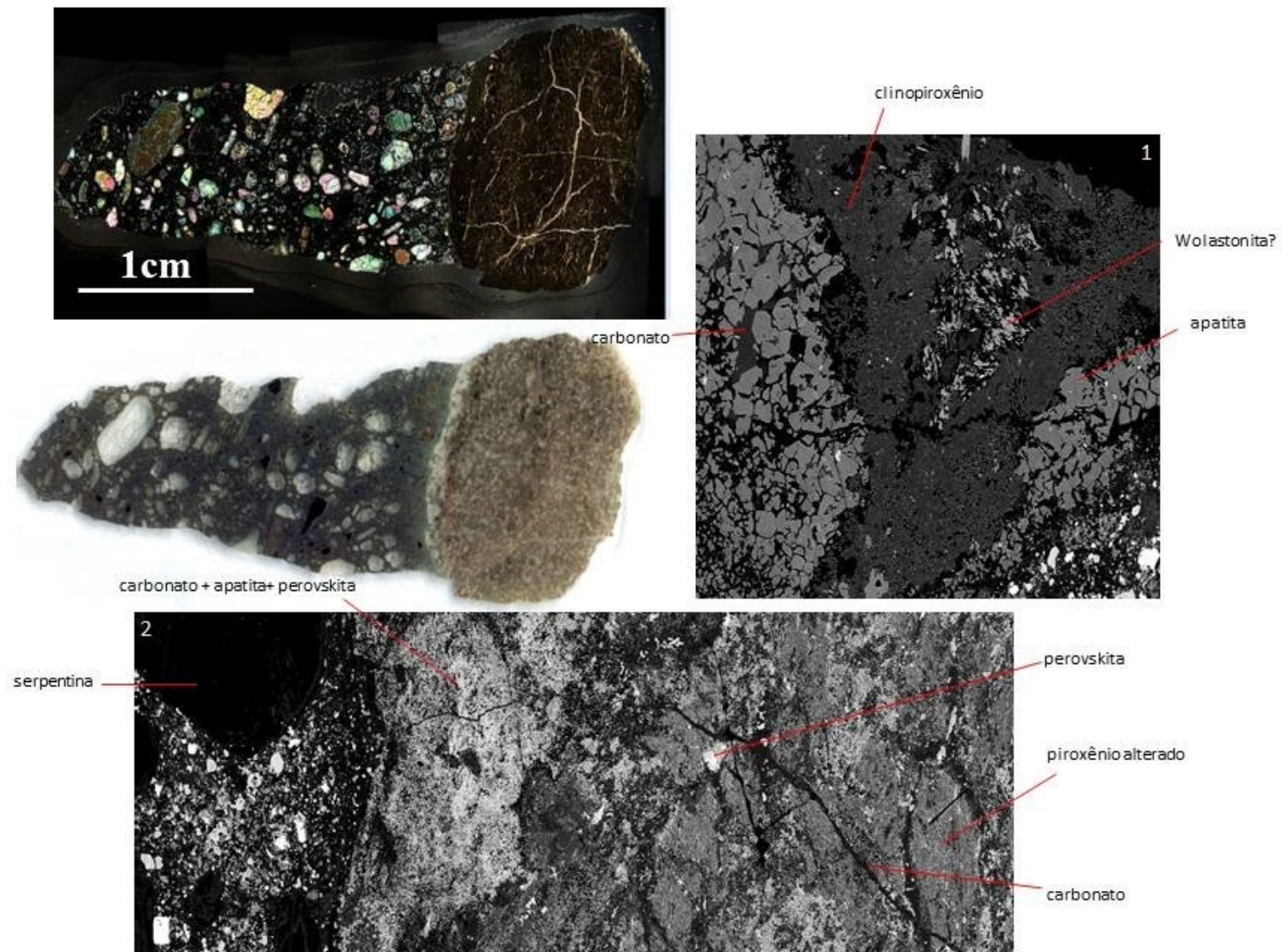


Figura 44 – Imagens de microscópio óptico e de MEV da amostra Lm1-40, de piroxenito com borda de reação de contato com kimberlito. 1- porção rica em carbonato com apatita concentrada nas bordas e wollastonita no centro; 2- visualização em MEV da matriz kimberlítica, passando para a borda de reação e chegando ao centro do xenólito cristal.

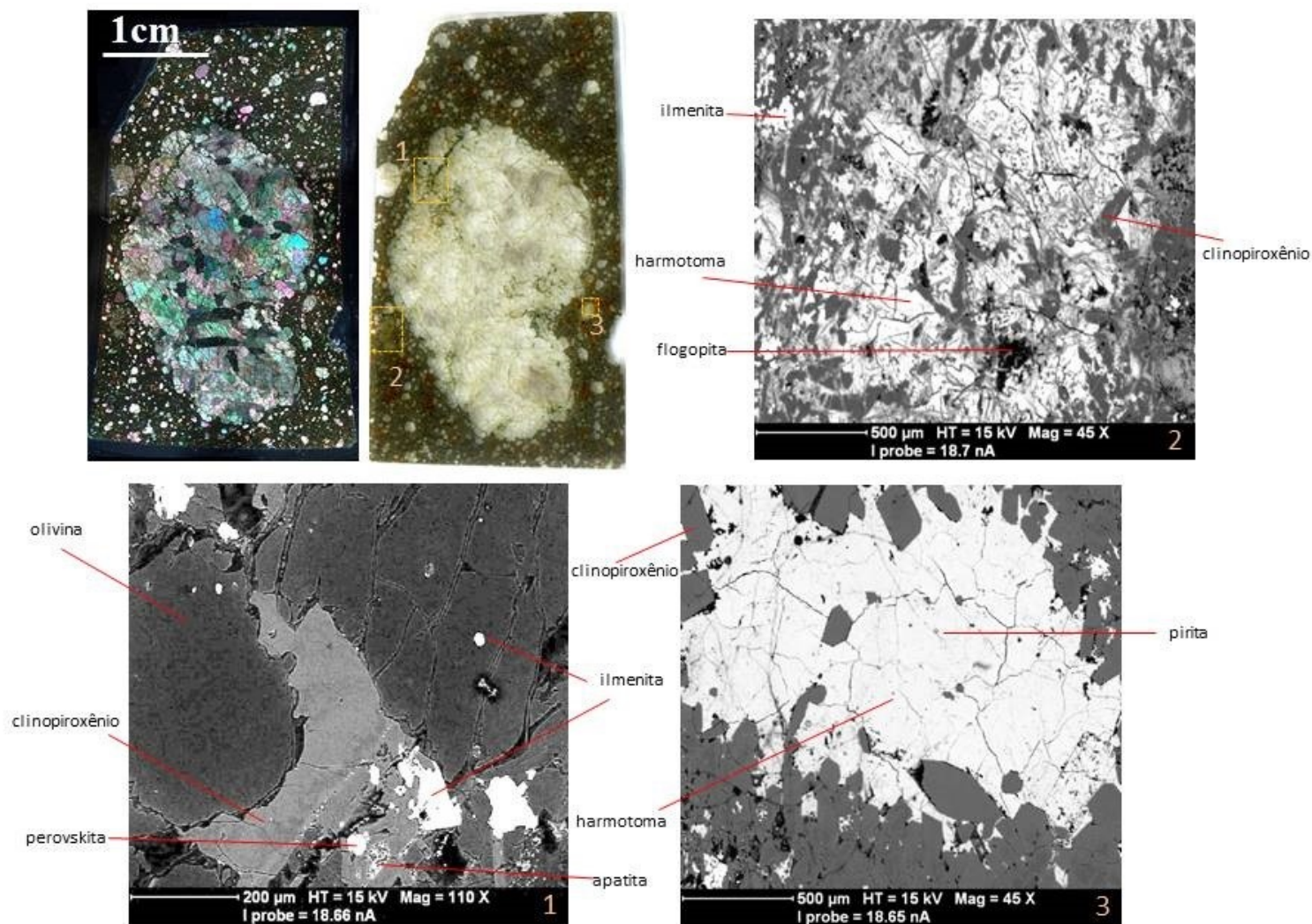


Figura 45 – Imagens de microscópio óptico e de MEV da amostra Fac-2, de xenólito de dunito com textura cumulática com cristais de olivina alongados subidiomórficos a idiomórficos, em meio a lava lamproítica. 1- olivina apresentando heterogeneidade química, com inclusão de ilmenita, em contato com clinopiroxênio intersticial associados a ilmenita e a perovskita; 2- porção da matriz rica em harmotoma; 3- ocelo preenchido por harmotoma com inclusão de pirita.

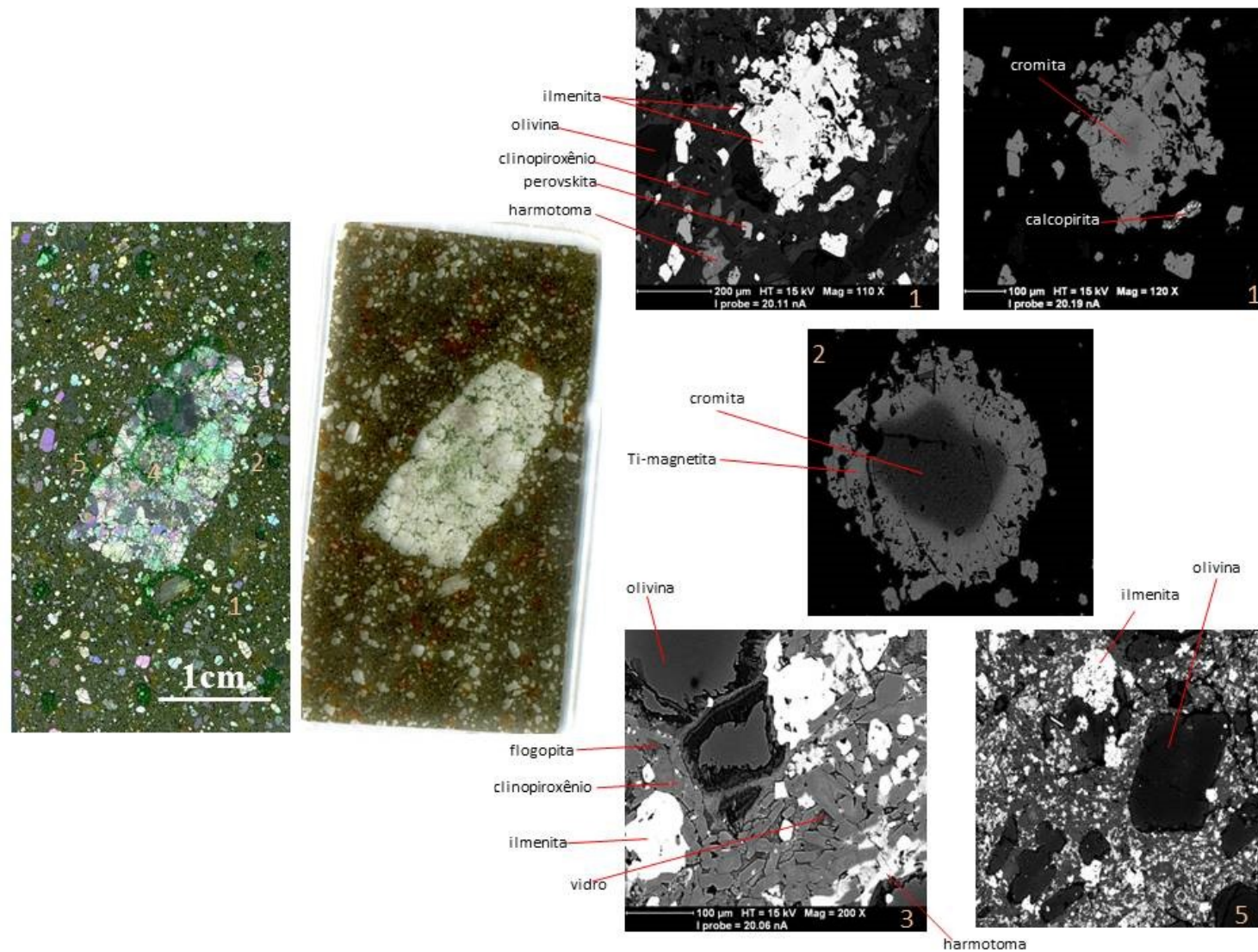


Figura 46 – Imagens de microscópio óptico e de MEV da amostra Fac-7, de dunito em meio a kamafugito. 1- aglomerado em macrocristal de ilmenita com núcleo de cromita em meio a matriz muito fina; 2- cromita com borda de Ti-magnetita; 3- macrocristais de ilmenita e olivina em meio a microcristais de clinopiroxênio com vidro (saponita) intersticial; 5- detalhe da rocha porfírica com macrocristais de olivina e ilmenita.

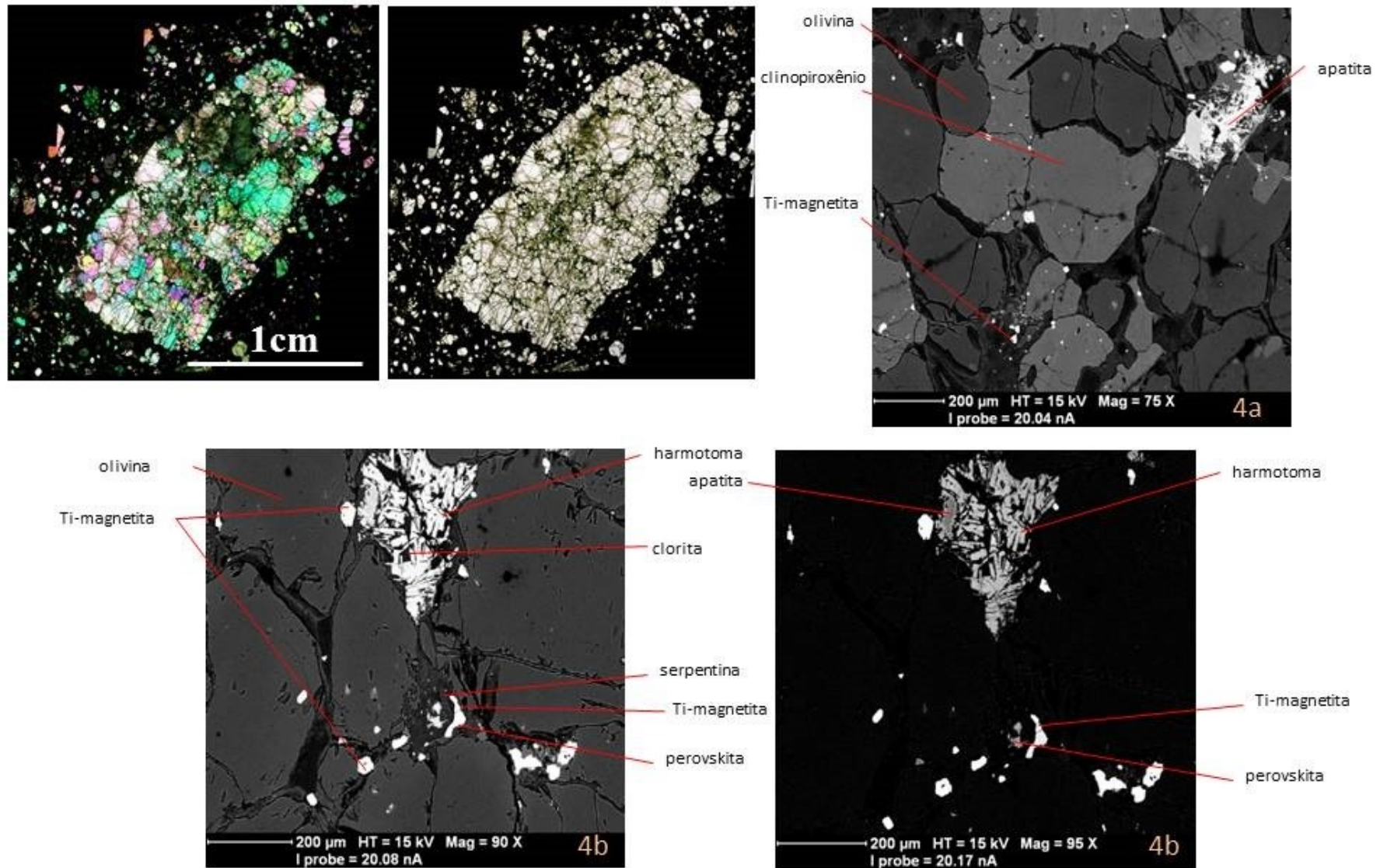


Figura 47 – Imagens de microscópio óptico e de MEV da amostra Fac-7, de dunito com clinopiroxênio intersticial (4a) e texturas de infiltração de magma lamproítico com ilmenita, perovskita e harmotoma (4b).

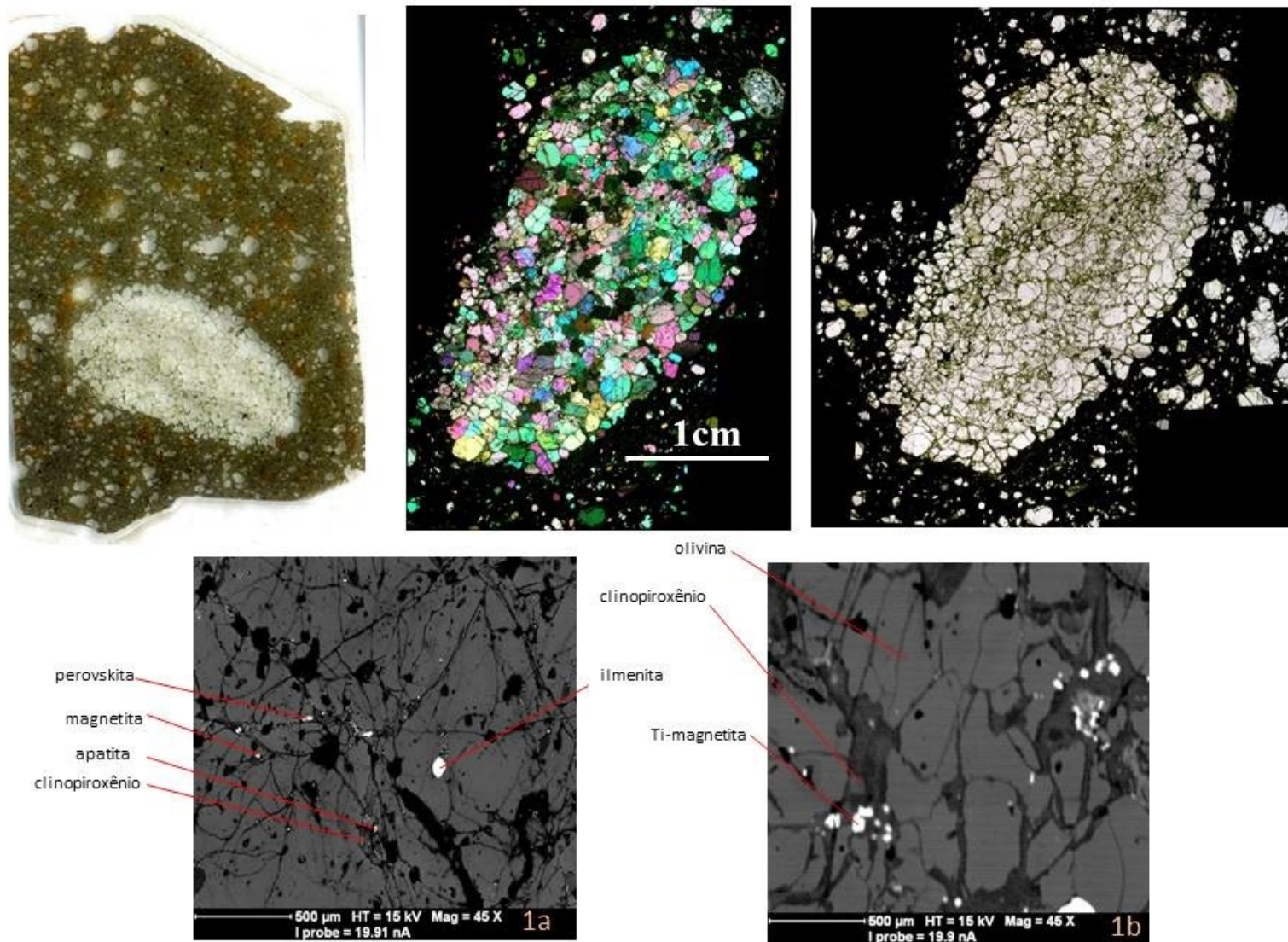


Figura 48 – Imagens de microscópio óptico e de MEV da amostra Fac-8, de dunito cumulático com inclusões de ilmenita com lamelas de cromita (1a) e pequenos cristais de perovskita e clinopiroxênio (1b) infiltrados nas microfraturas.

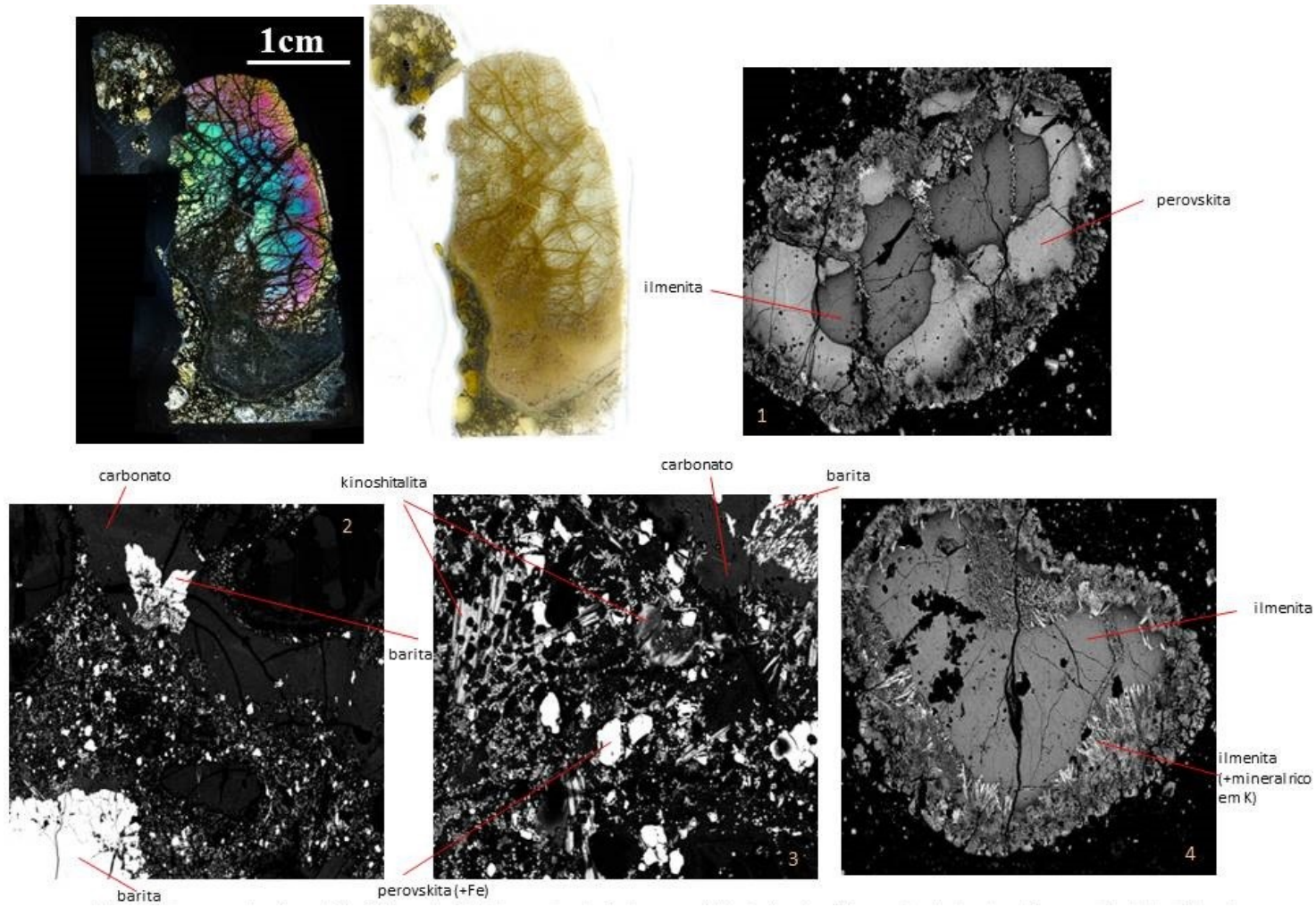


Figura 49 – Imagens de microscópio óptico e de MEV da amostra Fo-3, de megacrystal de clinopiroxênio com borda de alteração em matriz kimberlítica. 1- macrocrystal de ilmenita manteado por perovskita; 2- visão geral da matriz do kimberlito com macrocristais de olivina, carbonato muito fino e cristais de barita; 3- detalhe da matriz composta por carbonato, magnetita, e perovskita e apatita, e flogopita rica em barita com textura poiquilítica; 4- macrocrystal de ilmenita bordejado por perovskita com alteração secundária com enriquecimento de K.

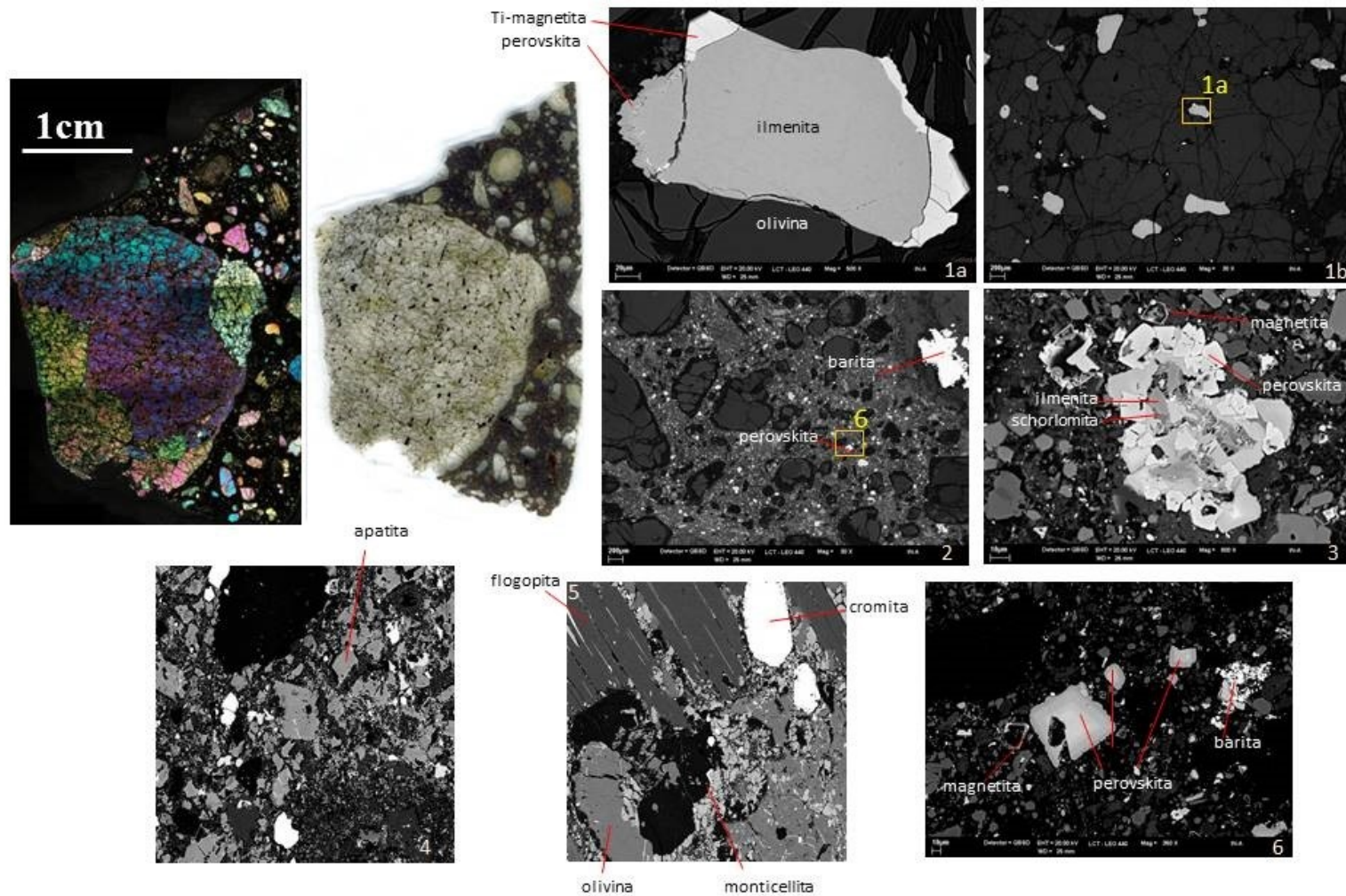


Figura 50 – Imagens de microscópio óptico e de MEV da amostra Lm1-41, megacristal geminado de olivina com inclusões de ilmenita. 1a e 1b- cristais de ilmenita em meio a olivina, com bordas de Ti-magnetita cromífera; 2- matriz do kimberlito com macrocristais de olivina arredondados em contato com área rica em carbonatos com macrocristal de barita; 3 e 4- detalhe da matriz do kimberlito exibindo macrocristal de ilmenita com bordas de schorlomita e perovskita e cristais de monticellita, apatita e magnetita em atol, em meio a matriz carbonática; 5- borda de macrocristal de flogopita, com olivina e monticellita associada e ilmenita idiomórfica; 6- detalhe da matriz kimberlítica, com perovskita com zonação composicional, e cristais aglomerados de barita.

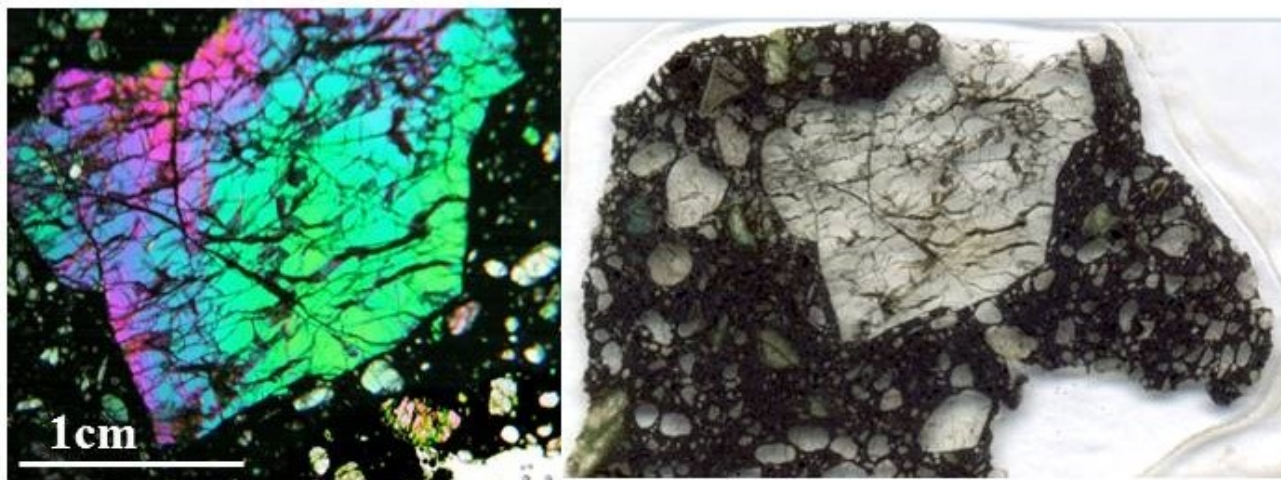


Figura 51 – Imagens de microscópio óptico da amostra In1-18, de megacristal anédrico anguloso de olivina com extinção ondulante em meio a matriz kimberlítica.

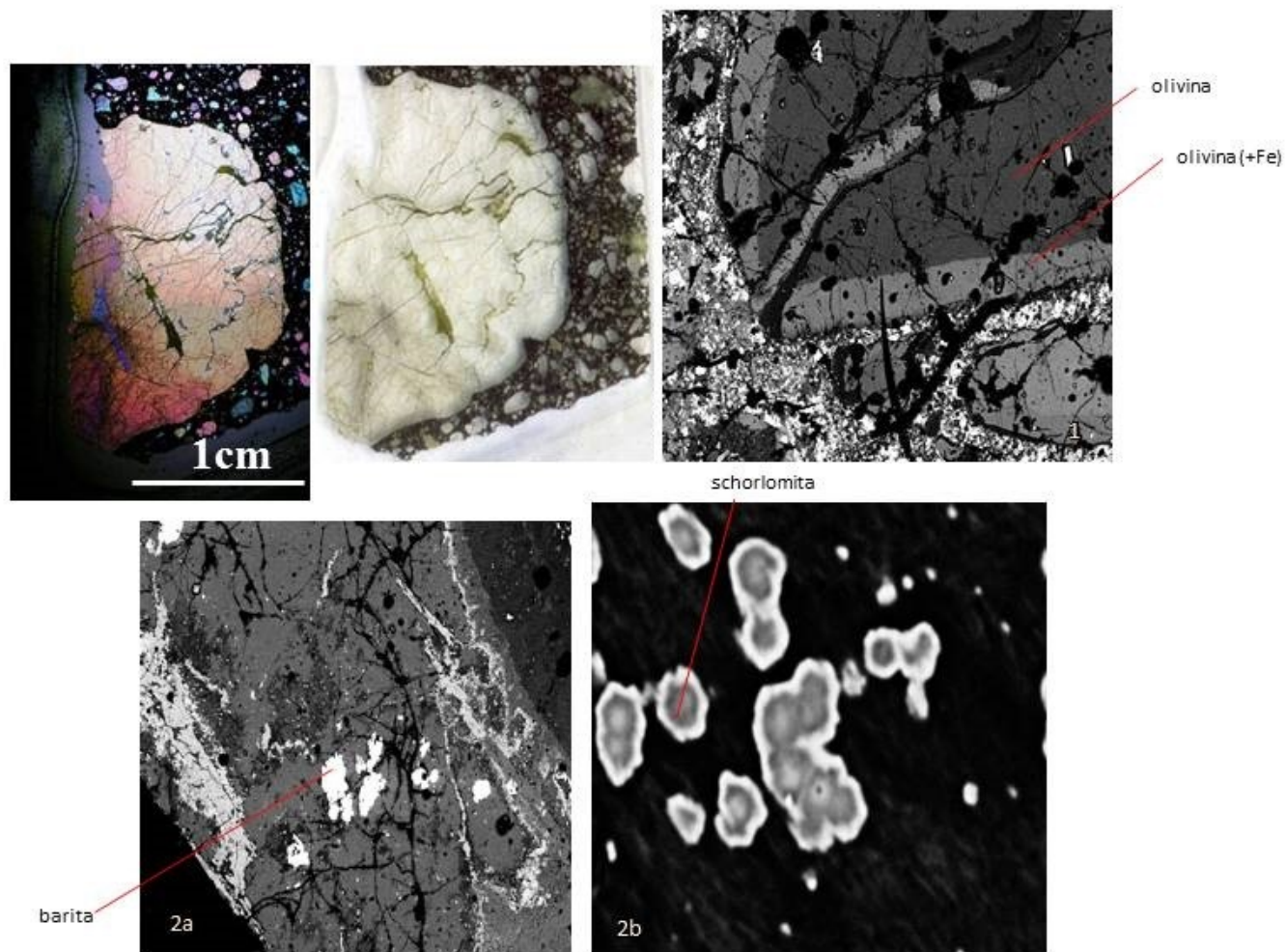


Figura 52 – Imagens de microscópio óptico e de MEV da amostra In1-20a, de megacristal de olivina com extinção ondulante com porções recristalizadas em meio a matriz kimberlítica com macrocristais de olivina e porções esverdeadas com carbonato de barita. 1- Macrocristal de olivina com borda e fratura enriquecida em Fe; 2a e 2b- porção rica em carbonato, com barita e cristais muito finos de schorlomite.

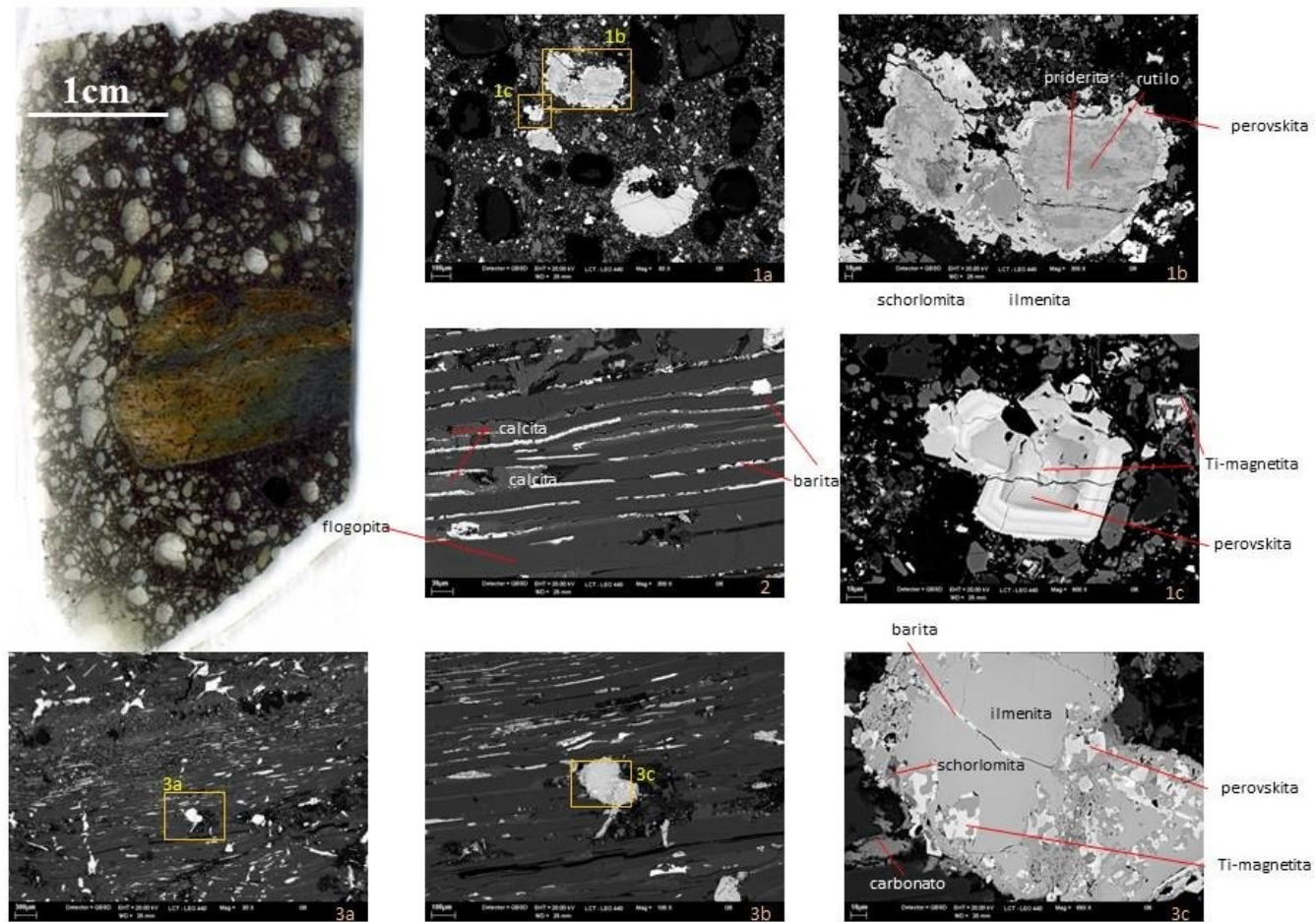


Figura 53 – Imagens de microscópio óptico e de MEV da amostra In1-36, com megacrystal de flogopita em meio a matriz kimberlítica. 1a- matriz composta por apatita, carbonato e magnetita, com macrocristais de olivina e de óxidos; 1b- macrocristal de ilmenita com rutilo sendo substituído por priderita e borda de perovskita; 1c- cristal de perovskita idiomórfico geminado com núcleo de Ti-magnetita 2- detalhe de megacrystal de flogopita mostrando barita e carbonato entre as folhas de mica; 3a- detalhe de megacrystal de flogopita mostrando carbonato e barita entre as placas de mica e ilmenita orientada obliquamente; 3b e 3c- ilmenita anédrica com borda de reação com perovskita e Ti- magnetita e fraturas preenchidas por barita.

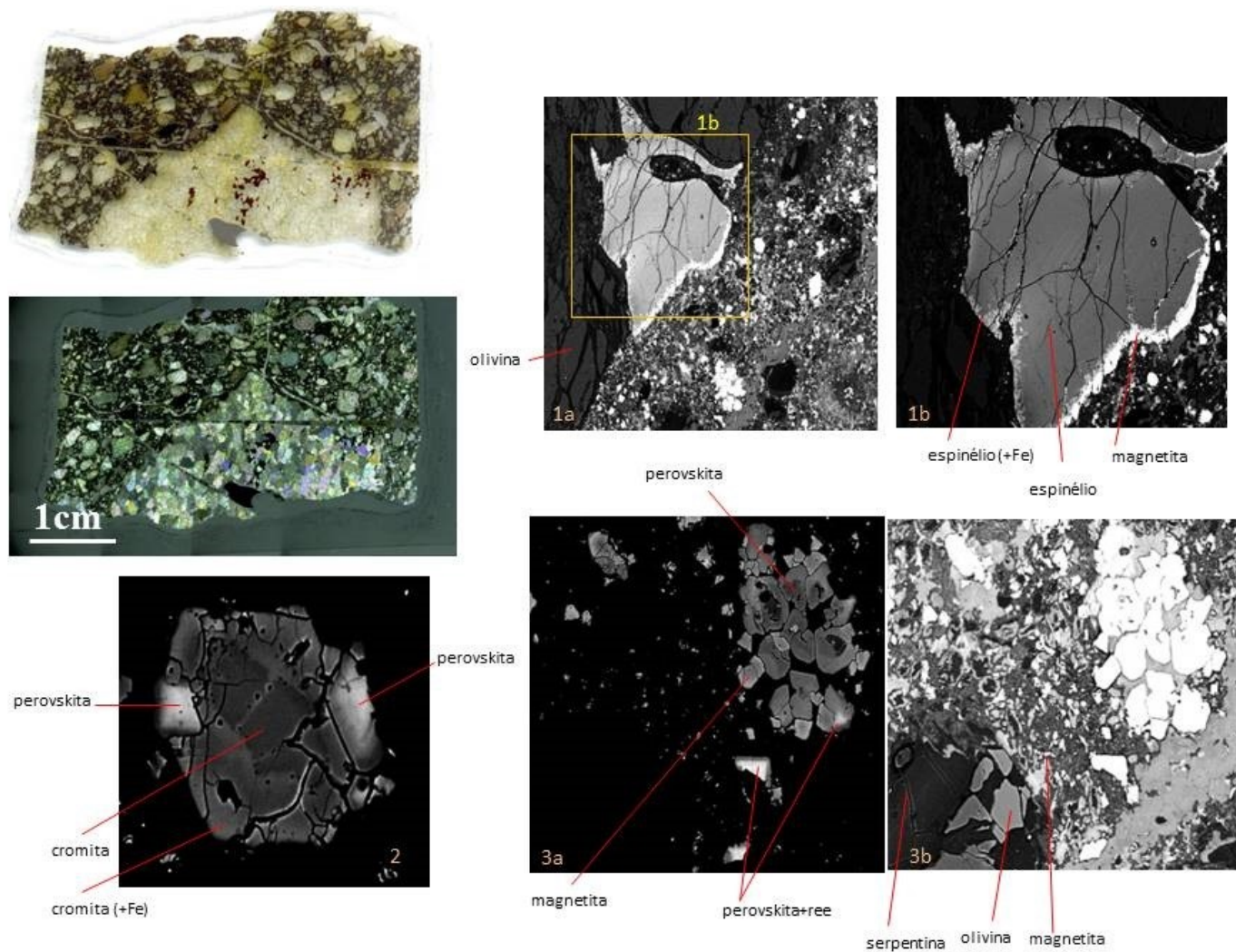


Figura 54 – Imagens de microscópio óptico e de MEV da amostra Fo-2, de espinélio lherzolito granoblástico com bordas angulosas. 1a e 1b- contato do xenólito com a matriz kimberlítica, destaque para o espinélio que apresenta heterogeneidades químicas e borda de magnetita no contato com o kimberlito; 2- cristal de espinélio com borda enriquecida em Fe, com perovskita inclusa na borda rica em Fe; 3a e 3b- detalhe da matriz kimberlítica com aglomerado de perovskita e magnetita com zonação composicional, onde as cores mais intensas correspondem aos cristais mais ricos em ETR.

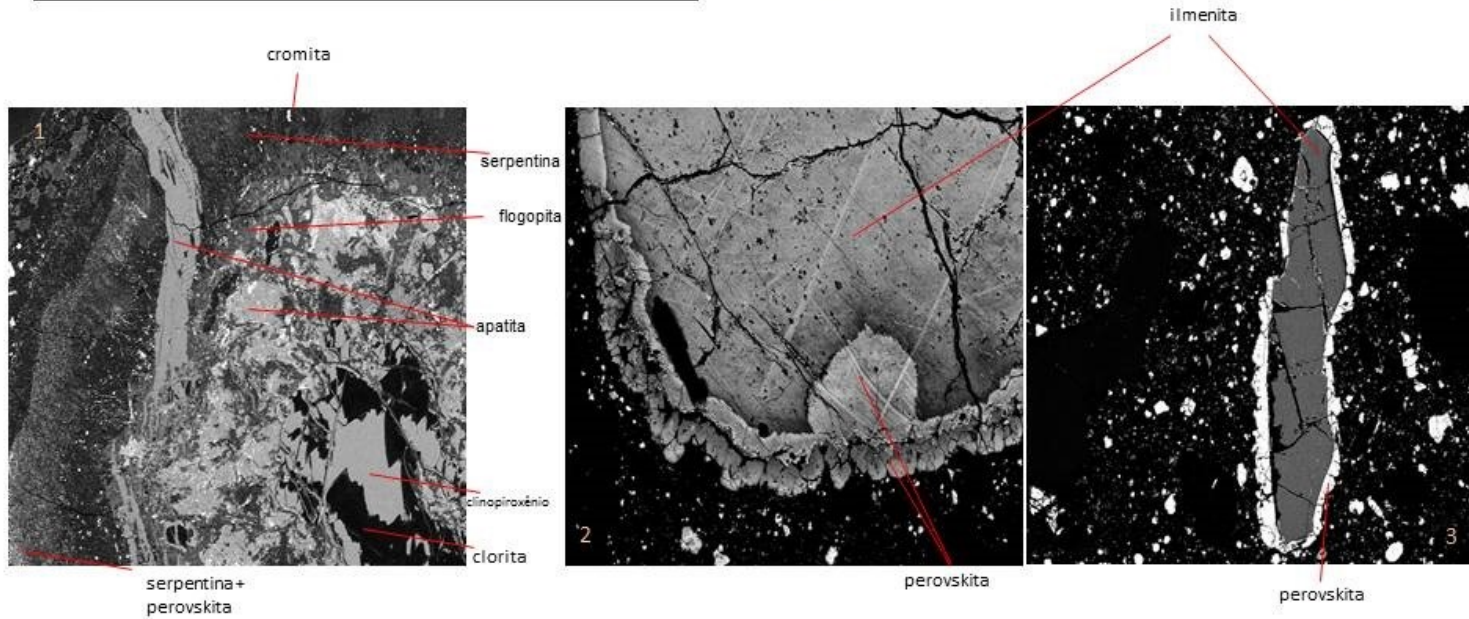
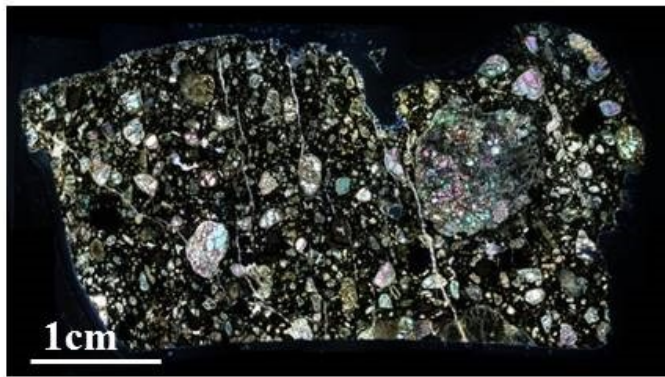


Figura 55 – Imagens de microscópio óptico e de MEV da amostra Fo-6, de xenólito esférico de harzburgito granoblástico em meio a matriz kimberlítica rica em carbonato e barita com veios carbonáticos e de apatita. 1- cristal de clinopiroxênio em contato com serpentina, bordado por apatita, carbonato e flogopita, associado a veio de apatita; 2- detalhe de macrocristal de ilmenita com borda de perovskita com composição heterogênea; 3- cristal alongado de ilmenita bordado por perovskita em meio a matriz kimberlítica.

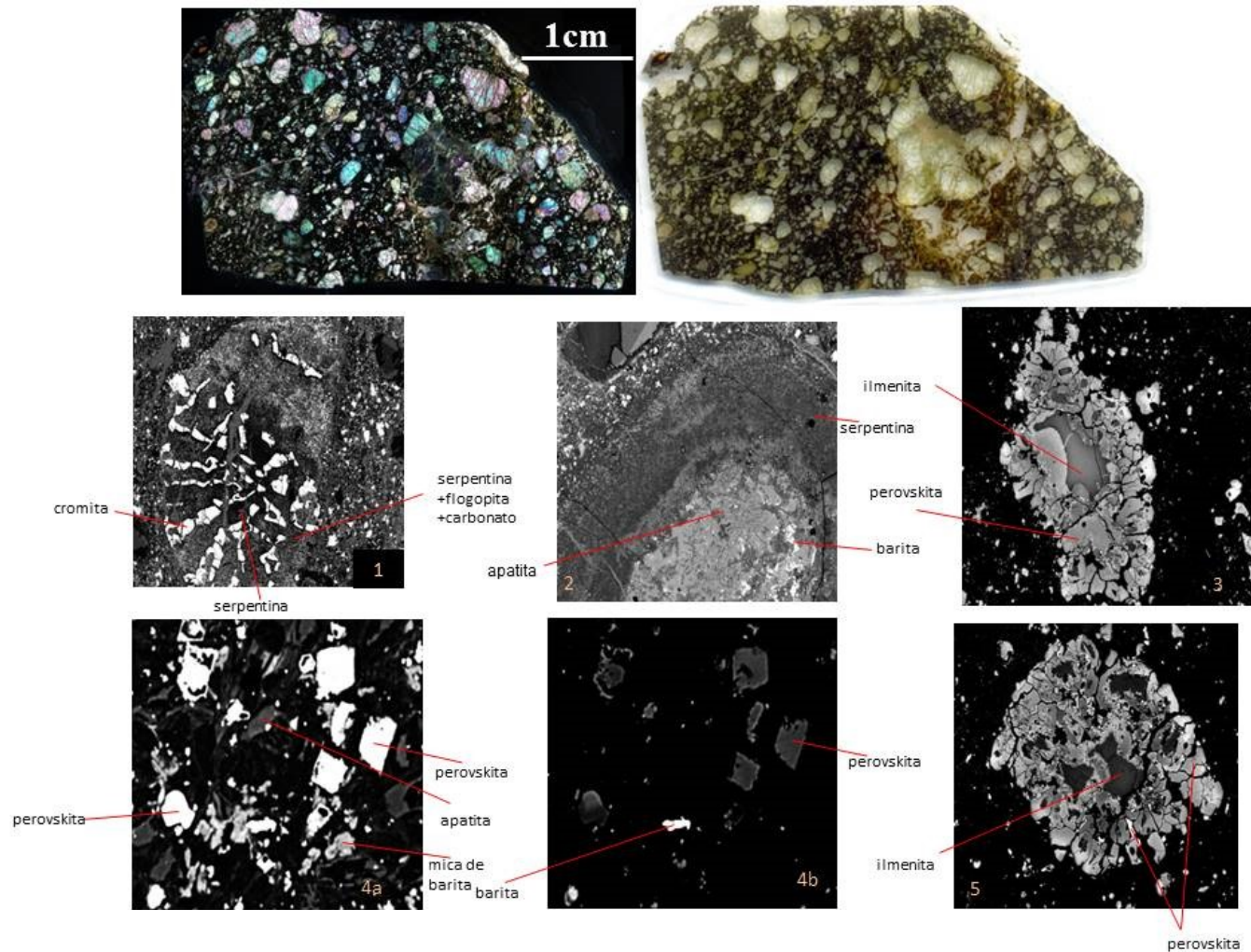


Figura 56 – Imagens de microscópio óptico e de MEV da amostra Fo-1, de lherzolito protogranular em contato com porção rica em carbonato, em meio a matriz kimberlítica. 1- estrutura de formato arredondado composta por espinélio vermicular intercrescido com silicato de Mg alterado para serpentina, na matriz kimberlítica; 2- estrutura circular composta por apatita, carbonato, barita e perovskita bordejada por massa rica em serpentina em meio a matriz kimberlítica; 3 e 5- macrocristais de ilmenita bordejados por perovskita indicando alta reatividade da matriz kimberlítica; 4a e 4b- detalhe da matriz kimberlítica apresentando cristais idiomórficos de perovskita e apatita além de mica rica em Ba e barita em matriz carbonática.

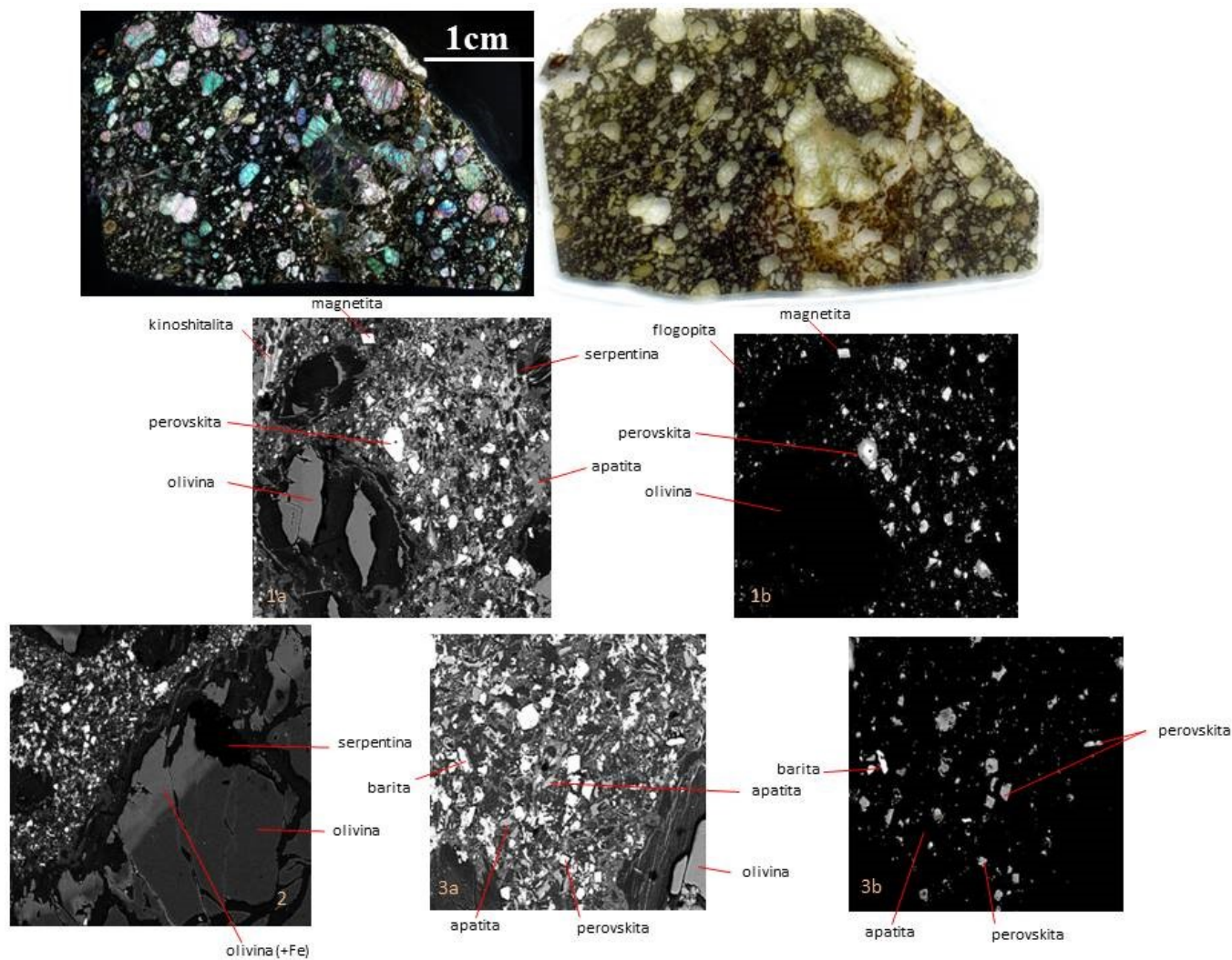


Figura 57 – Imagens de microscópio óptico e de MEV da amostra Fo-1, de lherzolito protogranular em contato com porção rica em carbonato, em meio a matriz kimberlítica. 1a, 1b, 3a e 3b- detalhes da matriz kimberlítica com macrocristais de olivina com serpentina nas bordas e fraturas, perovskita zonada e magnetita idiomórficas, barita e flogopita rica em barita em material carbonático apatita e serpentina; 2- contato entre matriz e macrocristal de olivina.

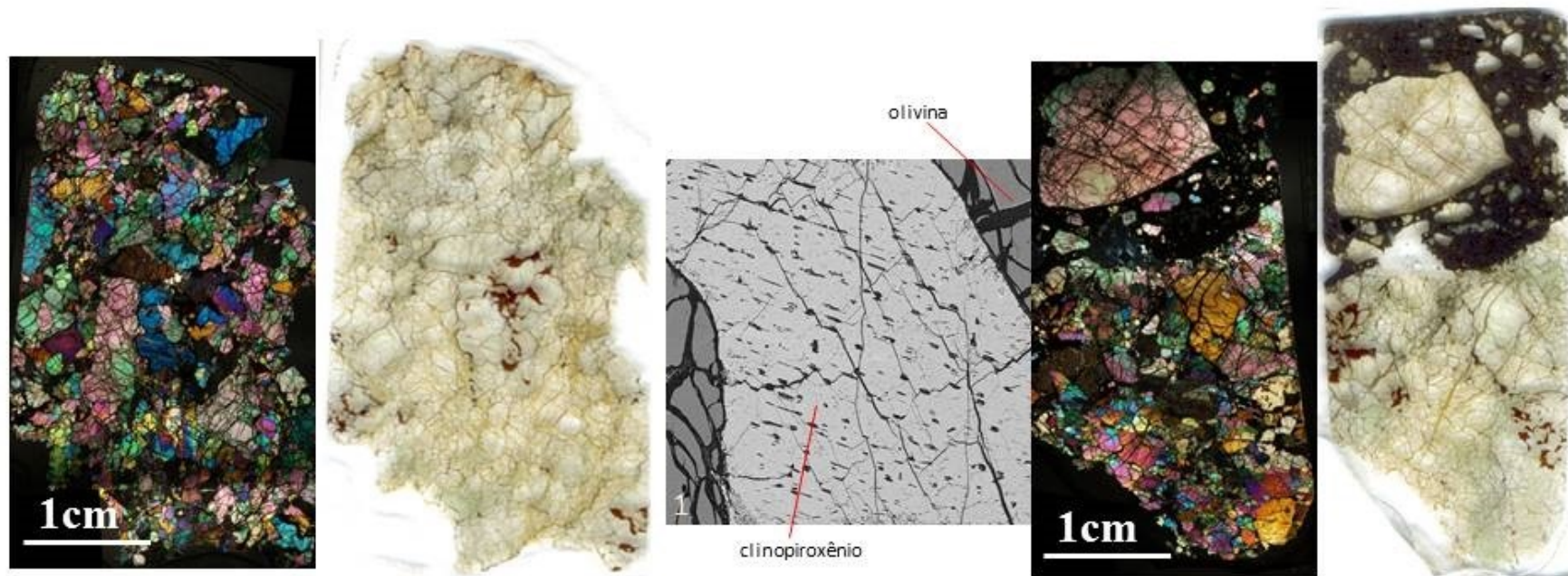


Figura 58 – Imagens de microscópio óptico e de MEV das amostras Lm1-17a, Lm1-17b e Lm1-17b' respectivamente de harzburgito protogranular, lherzolito protogranular e megacristal de olivina. 1- detalhe de espinélio com clivagem proeminente e composição homogênea.

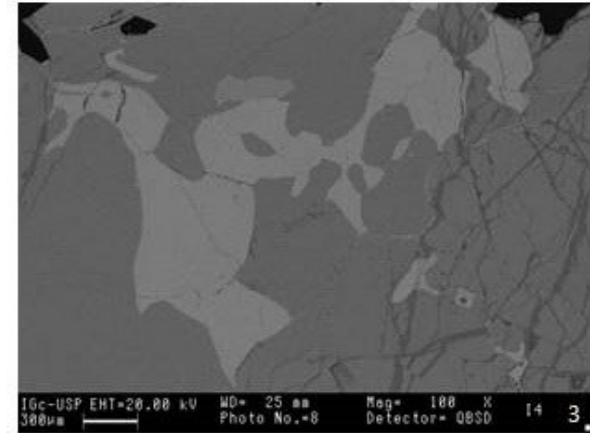
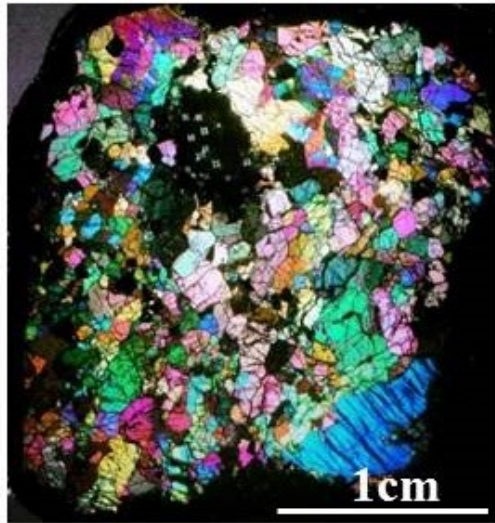
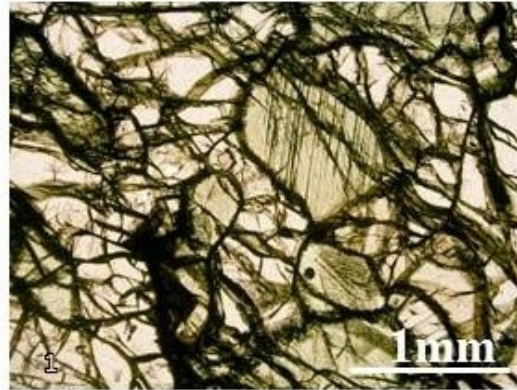


Figura 59 – Imagens de microscópio óptico e de MEV da amostra In1-4, de lherzolito com textura porfiroclática com espinélio vermelho anédrico. 1- cristais subidiomórficos de clinopiroxênio em meio as olivinas; 2- cristal de ortopiroxênio com contato irregular com olivina (acima);3- imagem de espinélio mostrando homogeneidade química em todos os minerais componentes do xenólito.

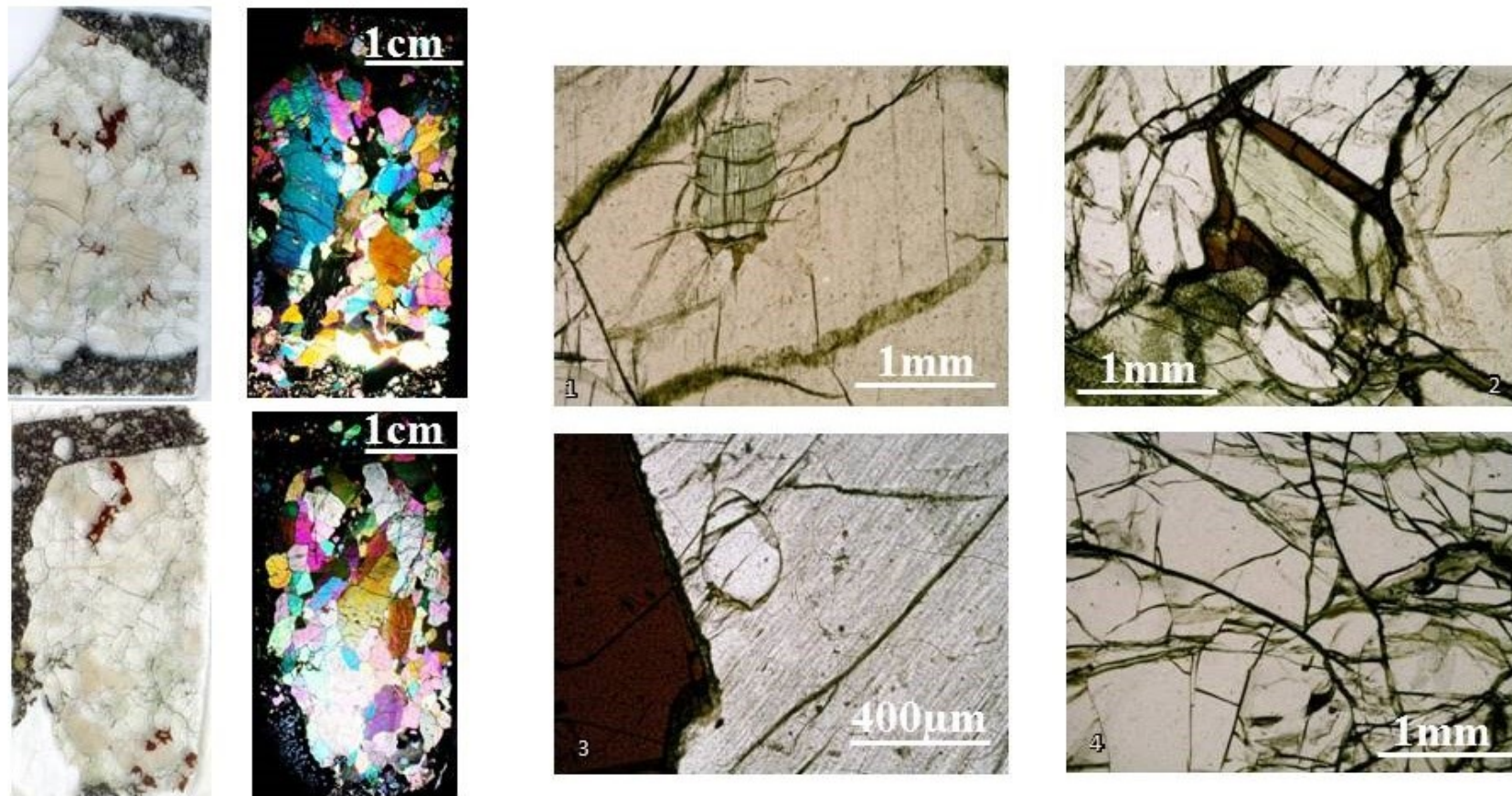


Figura 60 – Imagens de microscópio óptico e da amostra In1-9a e In1-9b, de respectivamente harzburgito e lherzolito, ambos com textura protogranular e com espinélio vermelho associado ao ortopiroxênio. 1- inclusão de clinopiroxênio em ortopiroxênio; 2- espinélio ao redor de clinopiroxênio associado a cristal de ortopiroxênio; 3- contato reto de espinélio com ortopiroxênio com inclusão de olivina; detalhe das fraturas de olivina, algumas são preenchidas por serpentina.

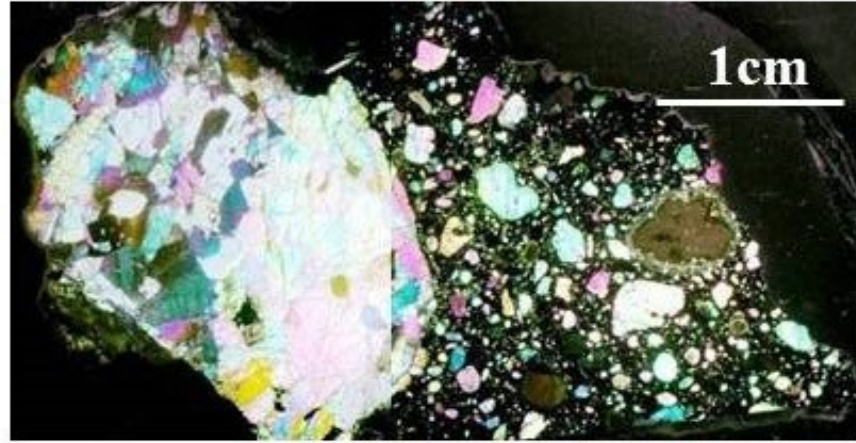


Figura 61 – Imagens de microscópio óptico e da amostra In1-10, de harzburgito porfiroclástico com espinélio, com veio de serpentina à esquerda, em meio a matriz kimberlítica rica em macrocristais de olivina.

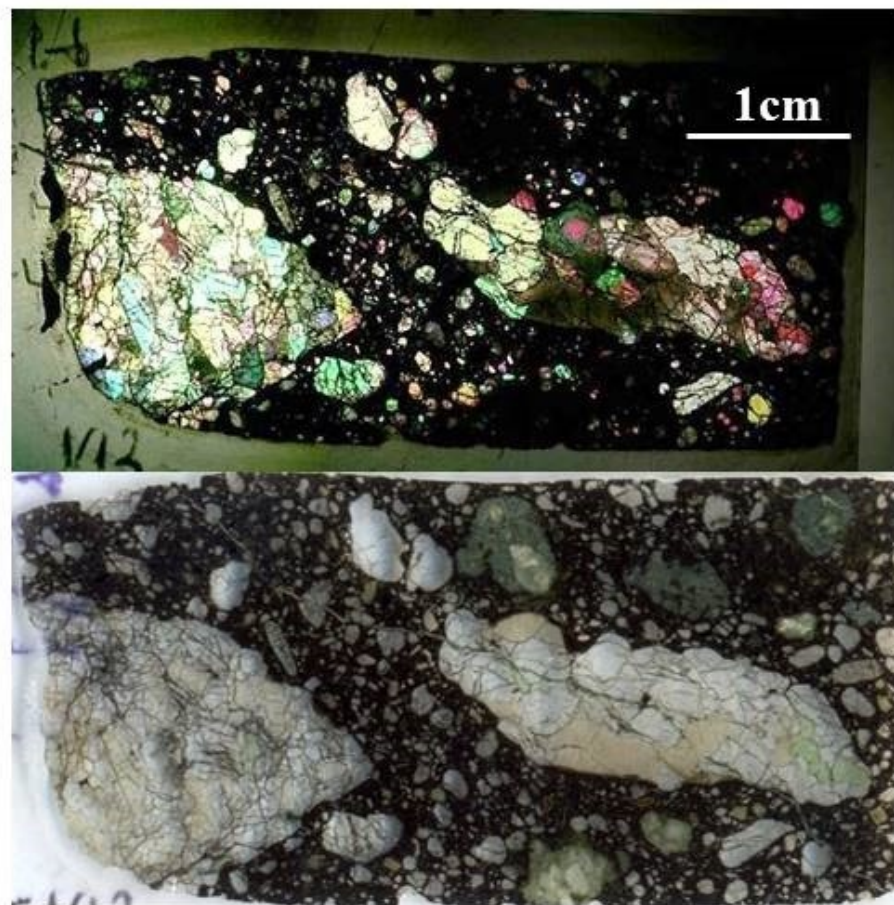


Figura 62 – Imagens de microscópio óptico e de MEV das amostras In1-13a e In1-13b, respectivamente de lherzolito protogranular alongado e harzburgito com textura transicional entre granoblástica e protogranular em meio a matriz kimberlítica.

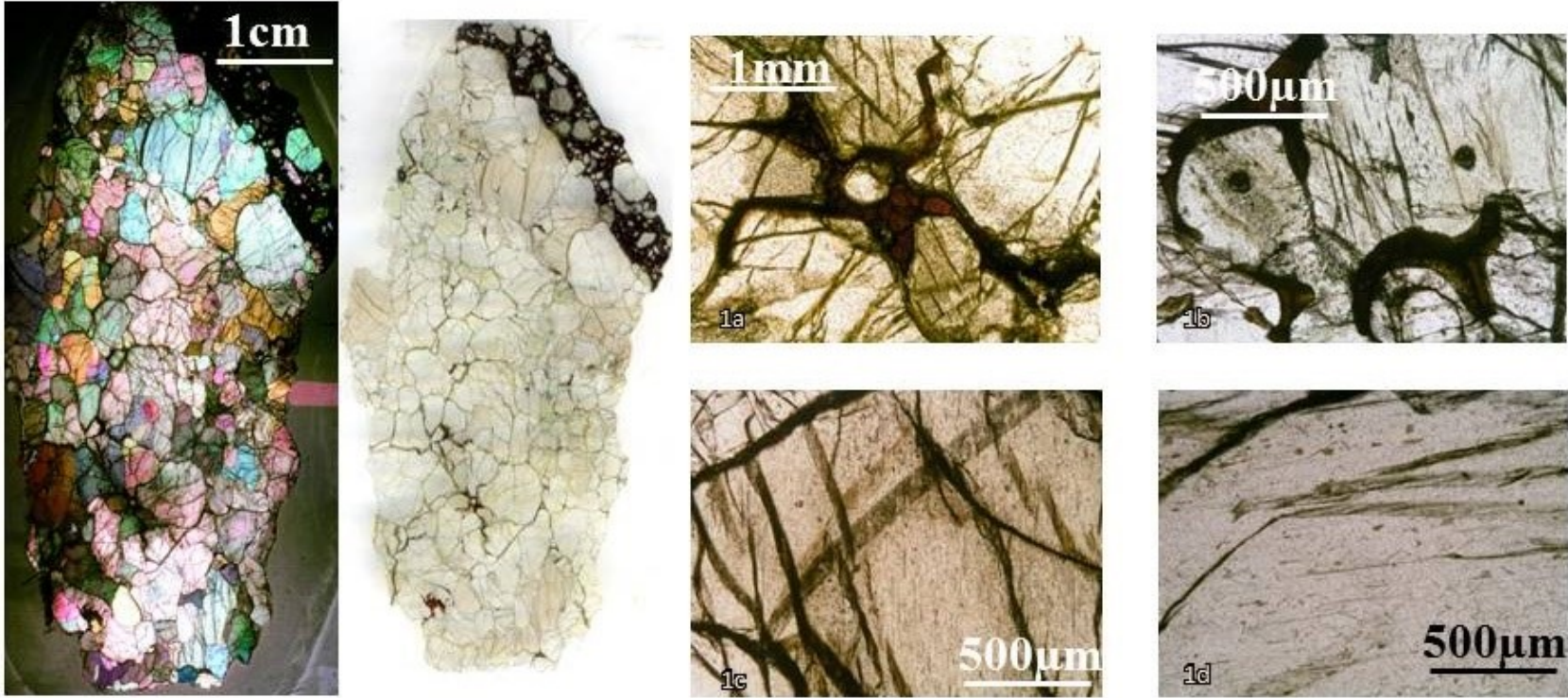


Figura 63 – Imagens de microscópio óptico da amostra In1-14a, de lherzolito com espinélio com textura transicional entre granoblástica e protogranular. 1- espinélio intersticial em meio a olivina e ortopiroxênio; 2- clinopiroxênio com clivagem proeminente com espinélio em suas bordas; 3 e 4- detalhe de cristais de ortopiroxênio com clivagem bem marcada e inclusões de finas placas de espinélio paralelas e oblíquas a clivagem principal.

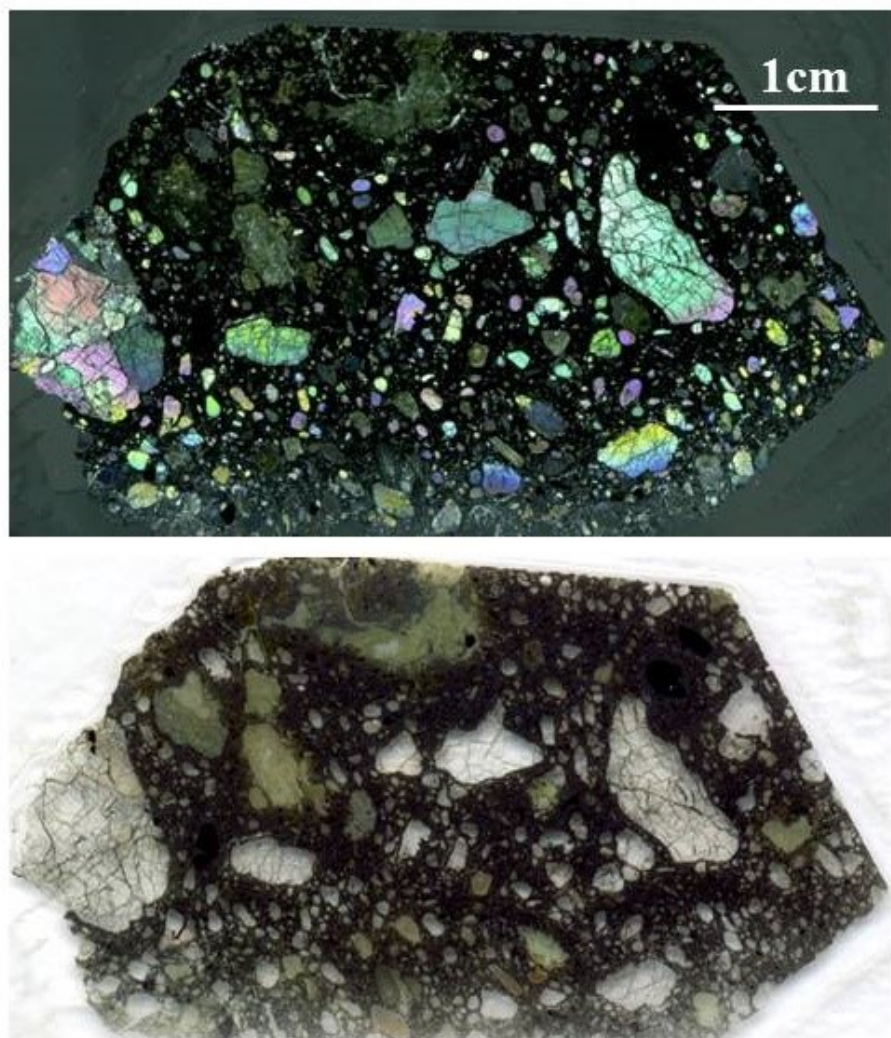


Figura 64 – Imagens de microscópio óptico da amostra In1-25b, de matriz kimberlítica com macrocristal de olivina (direita) e lherzolito (esquerda). Os nódulos esverdeados correspondem a fragmentos cloritizados de material crustal.

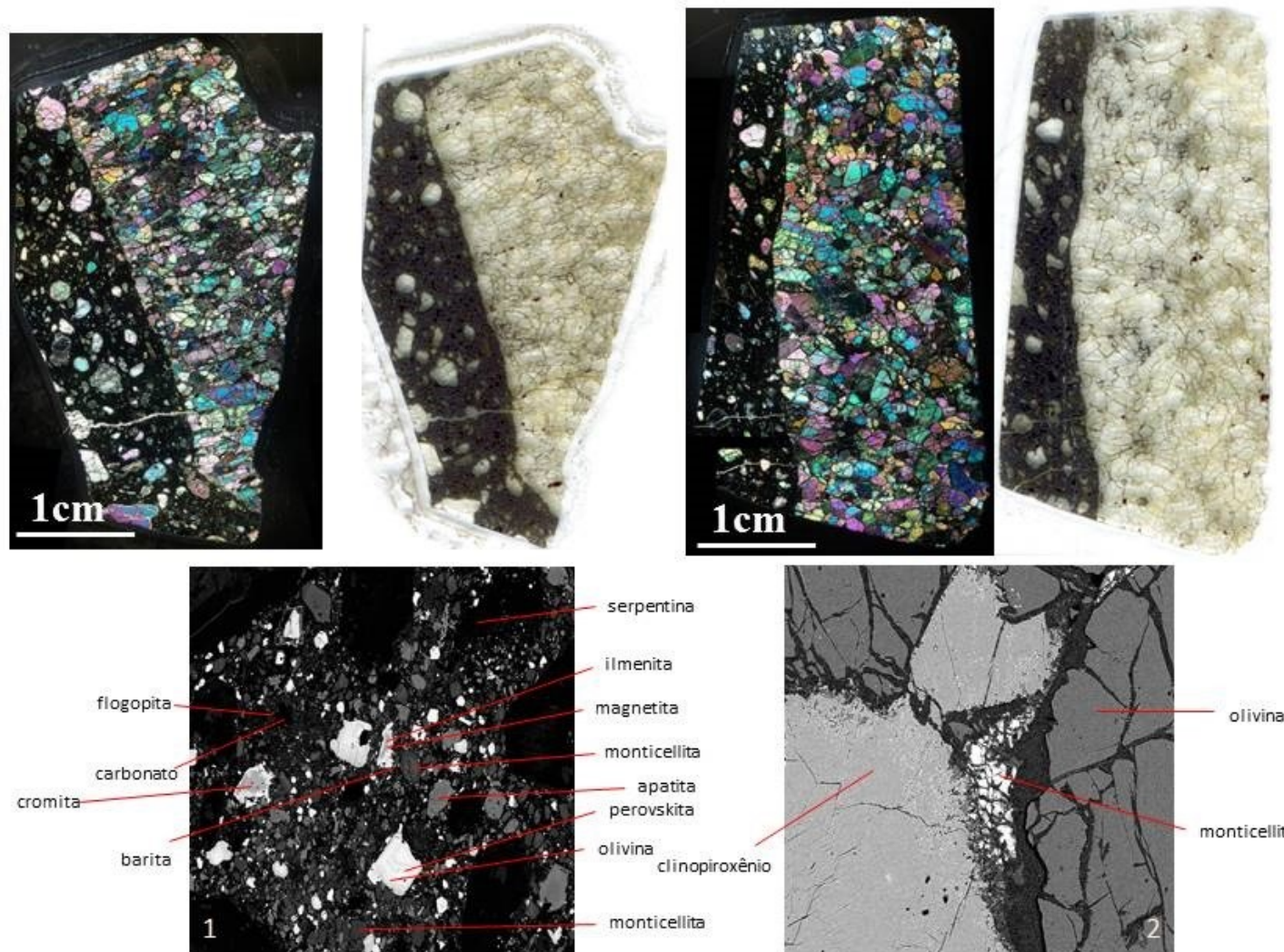


Figura 65 – Imagens de microscópio óptico e de MEV da amostra Lm1-20a e Lm1-20b, de harzburgitos com textura granoblástica e contatos retilíneo com a matriz kimberlítica. 1- detalhe da matriz do kimberlito composta por carbonato, monticellita, apatita, magnetita, flogopita, perovskita idiomórfica e barita; 2- detalhe de monticellita intersticial entre olivina e clinopiroxênio.

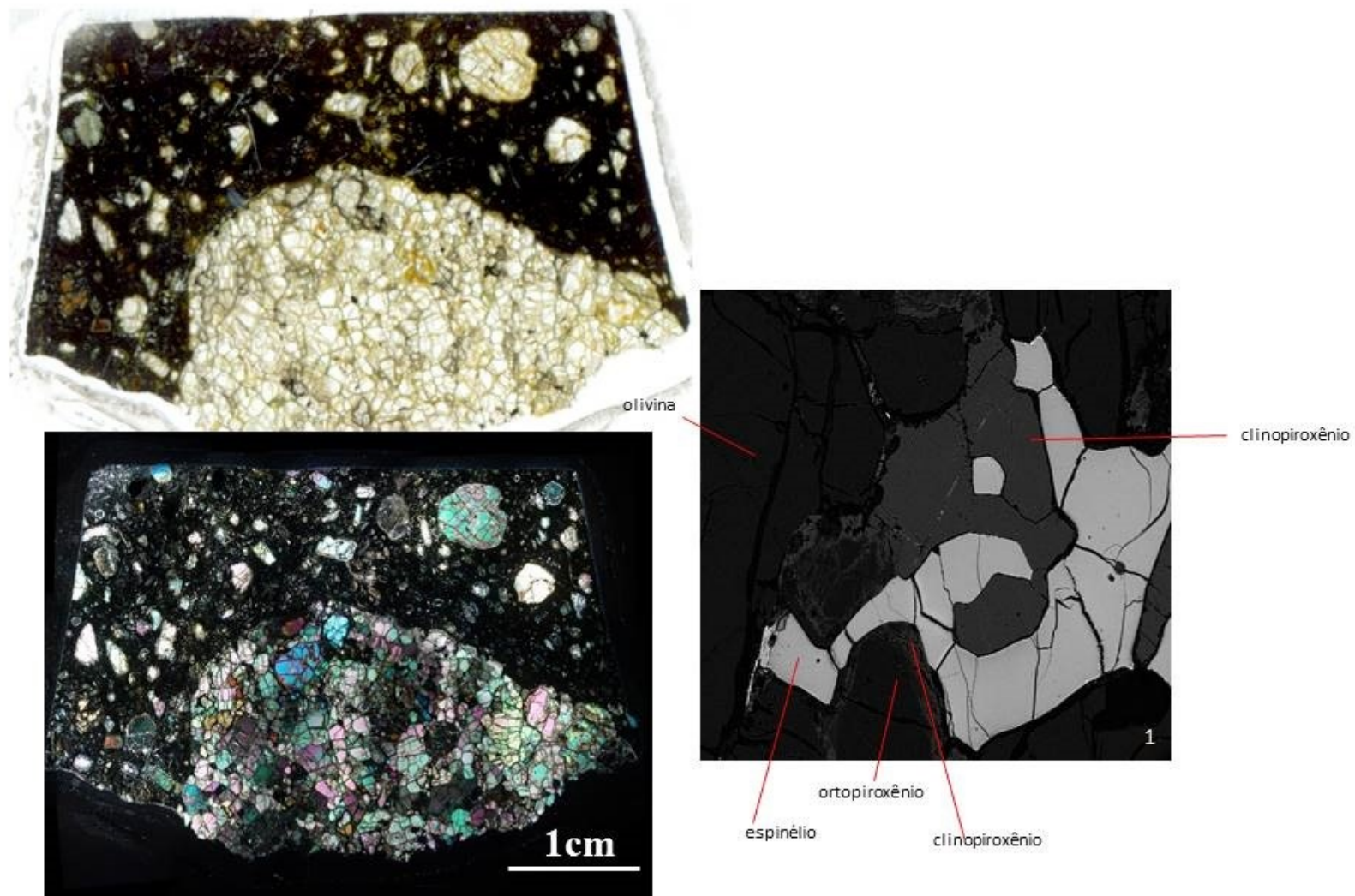


Figura 66 – Imagens de microscópio óptico e de MEV da amostra Lm1-30, de harzburgito granoblástico, com Cr-espinélio, em meio a matriz kimberlítica. 1- detalhe de espinélio vermiforme associado a clinopiroxênio e ortopiroxênio com borda de clinopiroxênio.

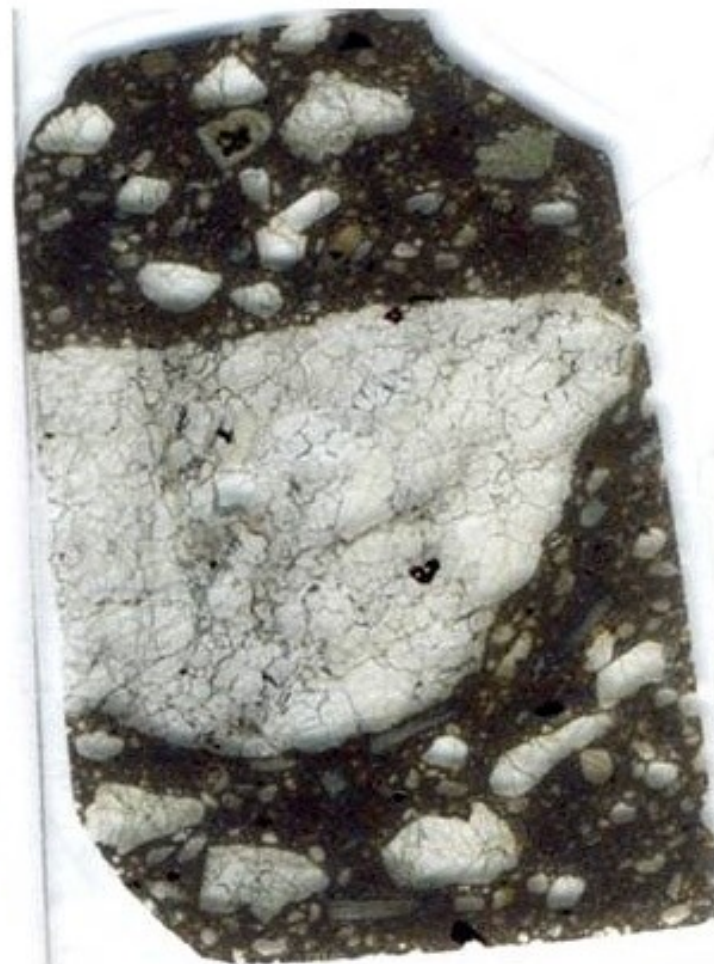
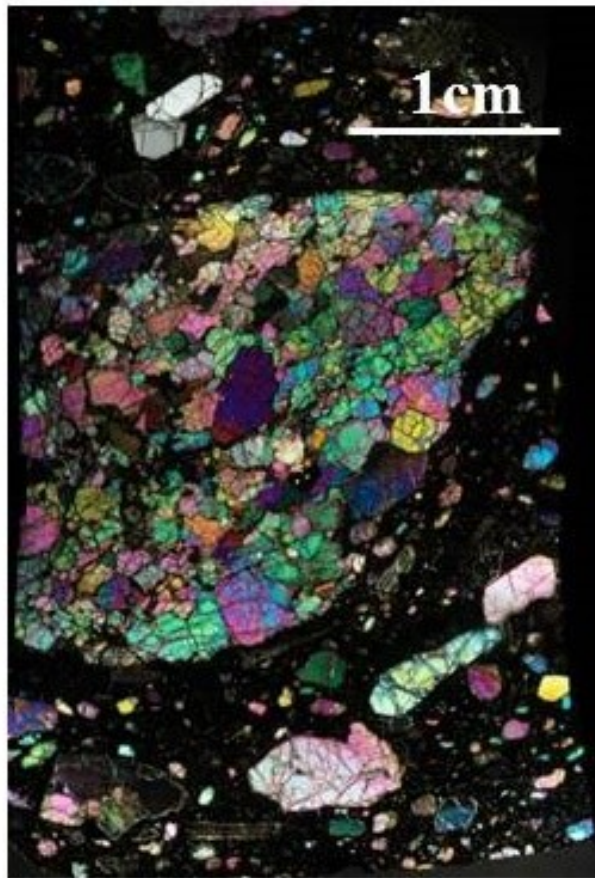


Figura 67 – Imagens de microscópio óptico e de MEV da amostra Lm1-34, de harzburgito granoblástico, com cristais de Cr-espinélio subidiomórficos isolados, em meio a matriz kimberlítica rica em macrocristais de olivina e ilmenita.

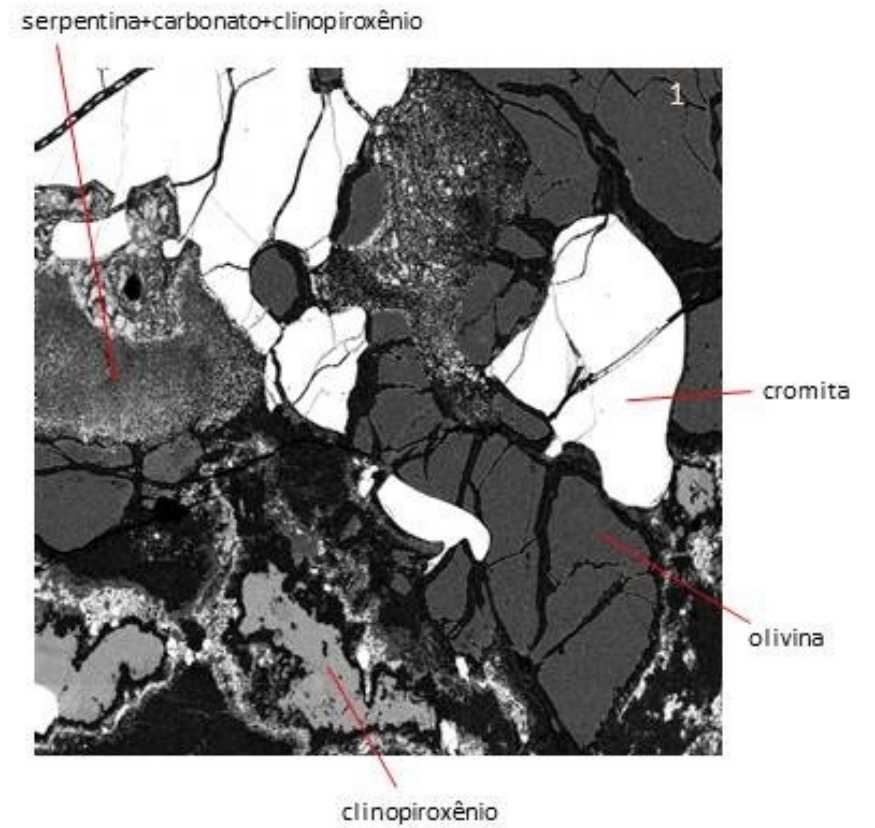


Figura 68 – Imagens de microscópio óptico e de MEV da amostra Lm1-36, de harzburgito com textura transicional entre porfiroclástica e granoblástica, com Cr-espínélio anédricos e alongados, em meio a matriz kimberlítica. 1- cromita anédrica associada a olivina e clinopiroxênio em textura afetada por corrosão gerando uma massa composta por serpentina e carbonato.

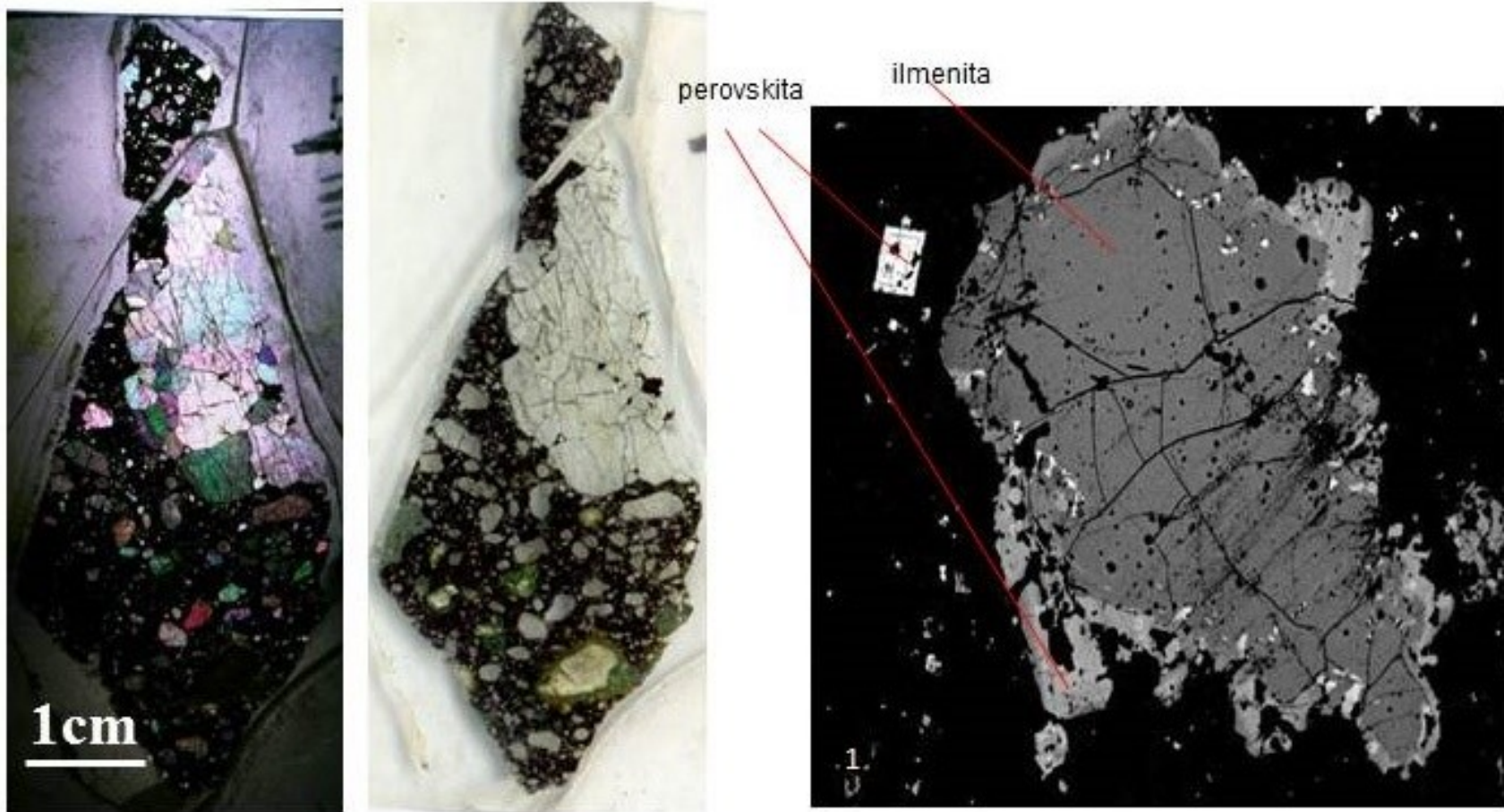


Figura 69 – Dunito porfiroclástico (In1-14c) com Cr-espinélio. A imagem de MEV à direita detalha macrocristal de ilmenita na matriz kimberítica com perovskita associada nas bordas e cristais euédrico de perovskita isolado. Este cristal tem maior densidade devido à maior concentração em ETR .

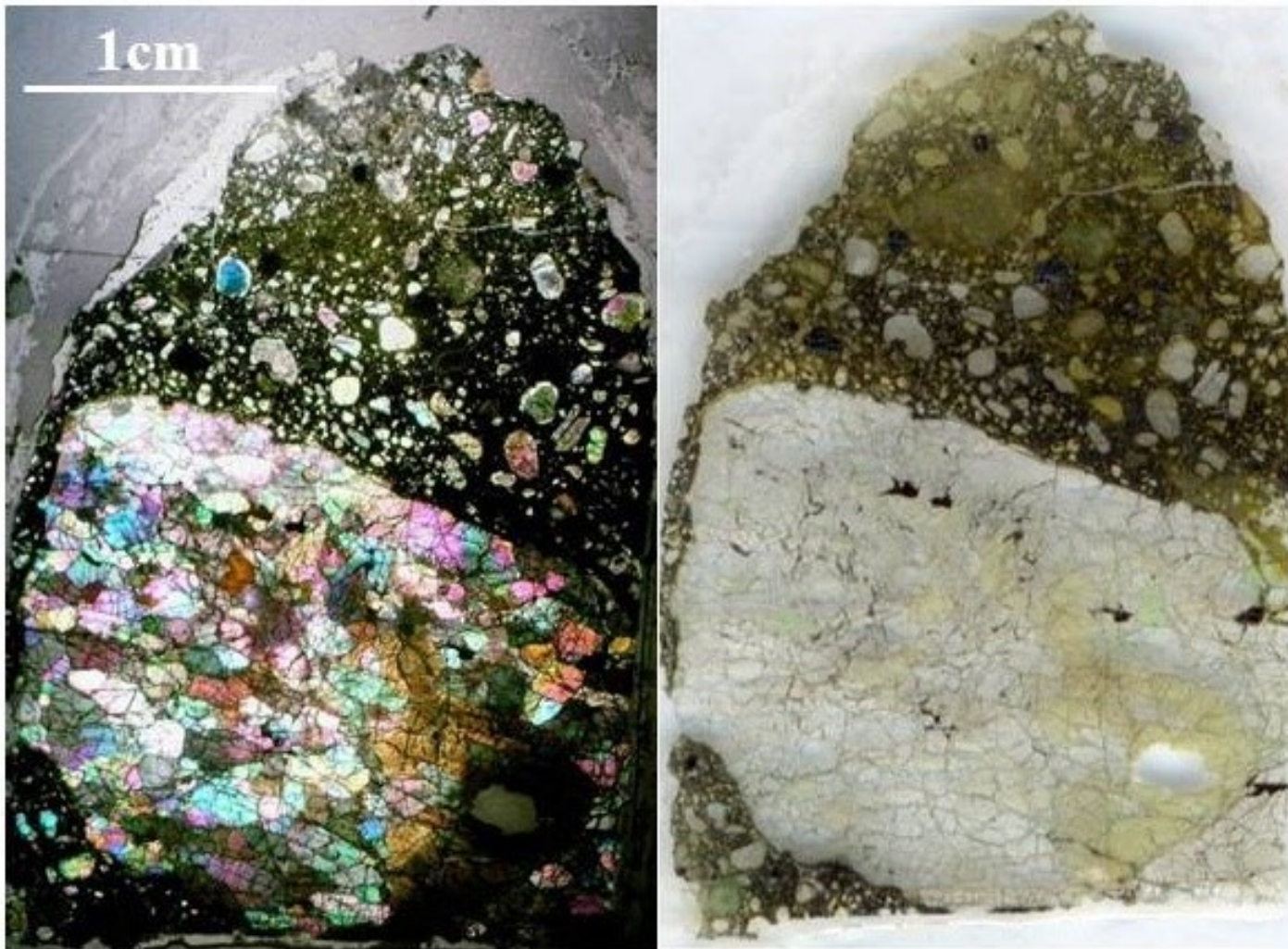


Figura 70 – Imagens de microscópio óptico da amostra In1-16, de harzburgito com espinélio com textura transicional entre porfiroclática e granoblástica apresentando alteração (hidrotermal?) em meio a matriz kimberlítica alterada.

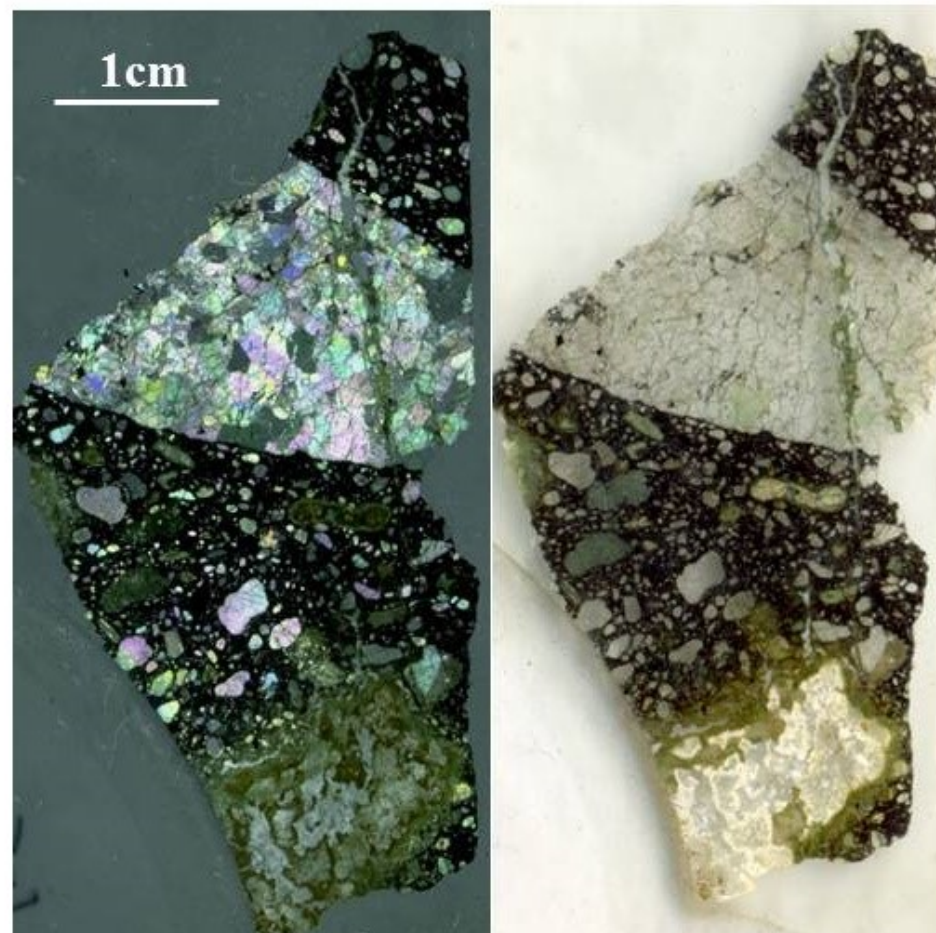


Figura 71 – Imagens de microscópio óptico da amostra In1-15, lherzolito com textura granoblástica, com veio de carbonato posterior que também corta o kimberlito hospedeiro, no canto esquerdo da seção ocorre xenólito granítico muito alterado.

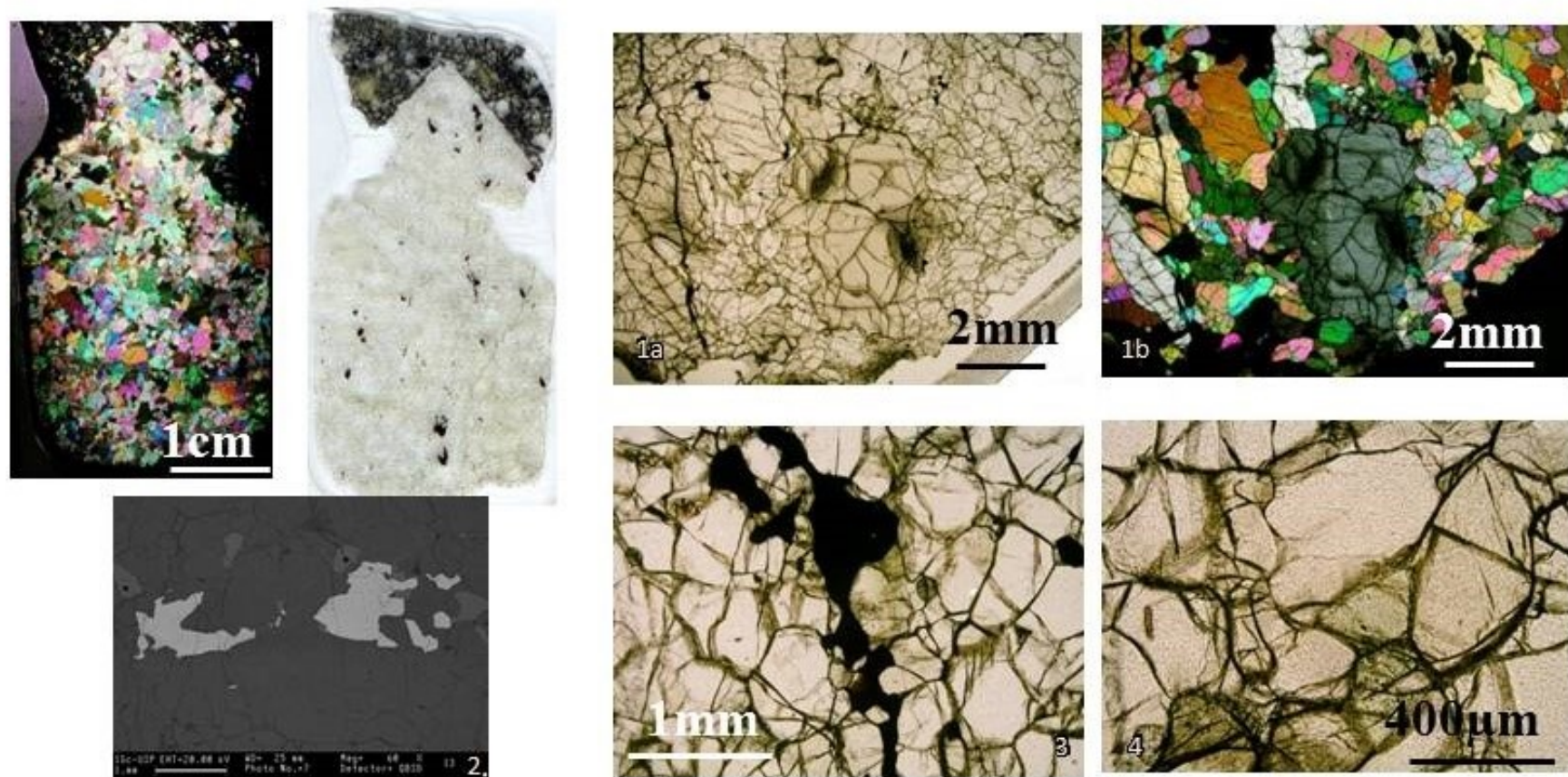


Figura 72 – Imagens de microscópio óptico da amostra In1-3, de harzburgito granoblástico, com espinélio estirado em textura *holy-leaf*. 1a e 1b- porfiroclasto de ortopiroxênio com extinção ondulante em meio a cristais menores e mais regulares; 2- detalhe dos cristais de espinélio quimicamente homogêneos, assim como os outros minerais do xenólito; 3- detalhe de espinélio intersticial com textural *holy-leaf*, estirado; 4- cristais de clinopiroxênio em equilíbrio textural com olivina.

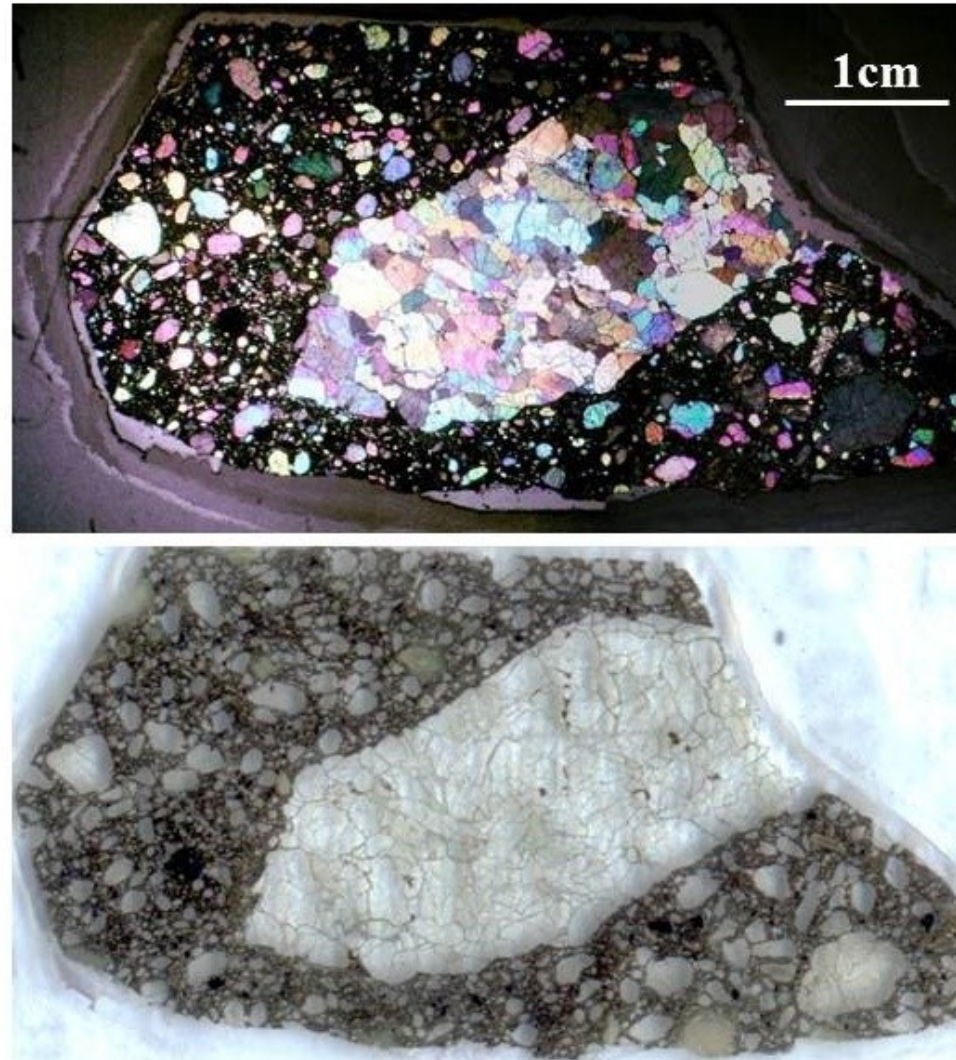


Figura 73 – Imagens de microscópio óptico e de MEV da amostra In1-20c, de harzburgito com textura granoblástica em meio a matriz rica em macrocristais de olivina e ilmenita arredondados.

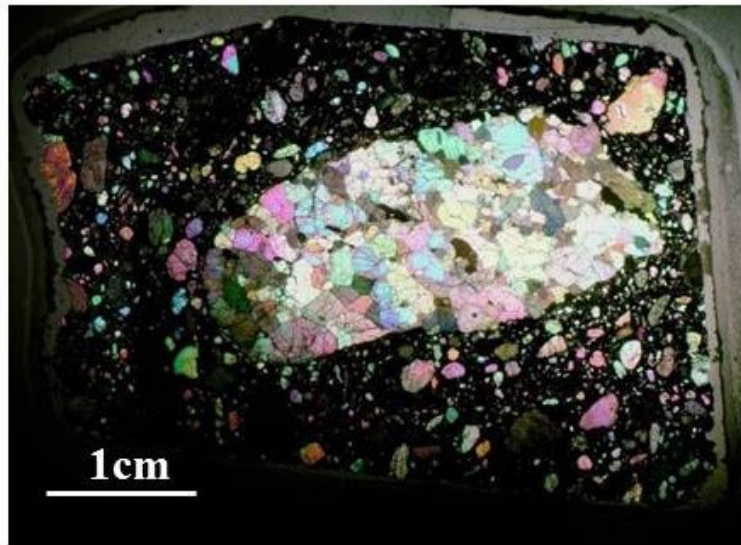


Figura74 – Imagens de microscópio óptico da amostra In1-20e, de lherzolito com textura granoblástica contendo pargasita, em meio a matriz rica em macrocristais de olivina, com nódulos de carbonato com borda verde de alteração.

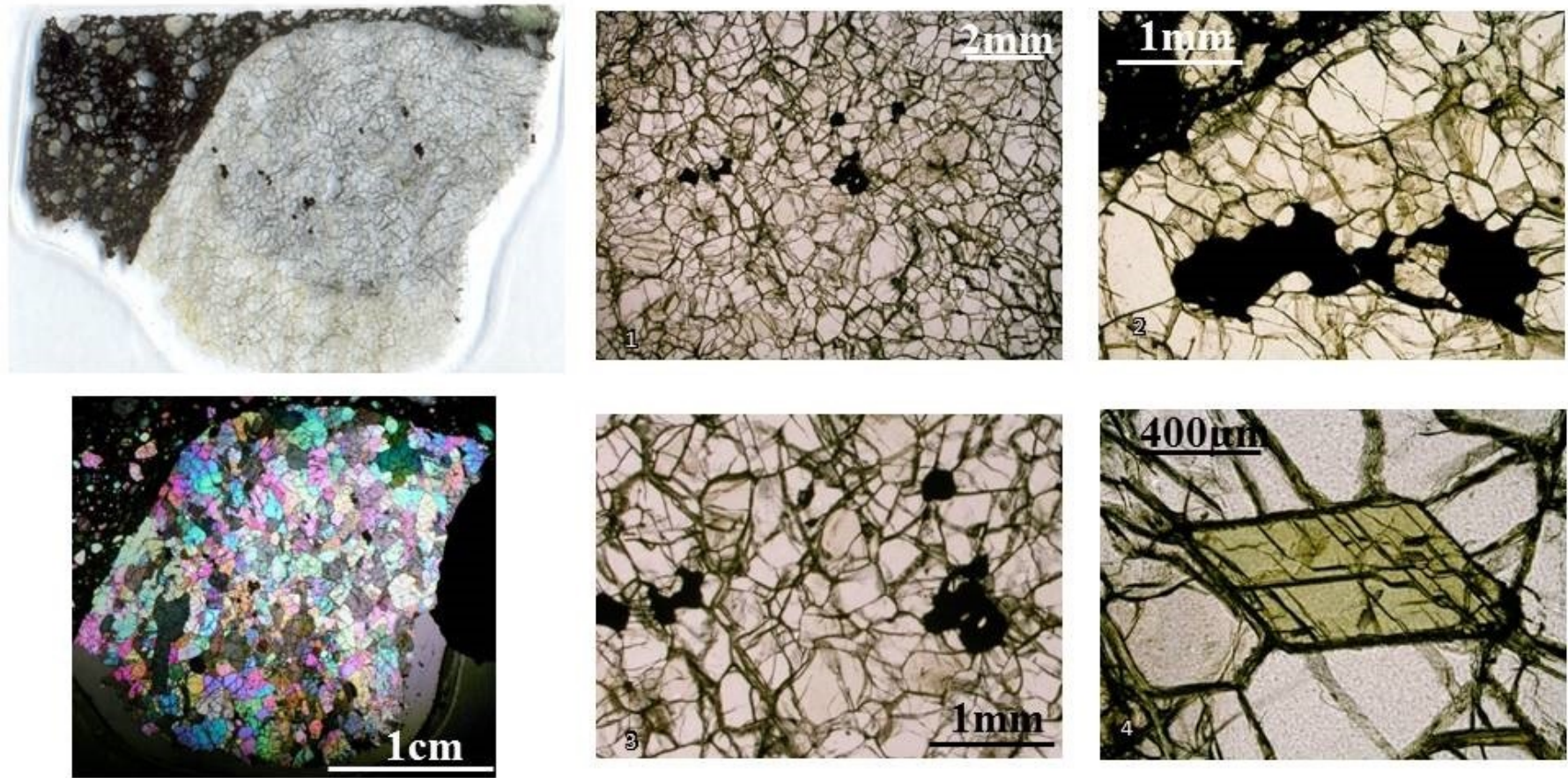


Figura 75 – Imagens de microscópio óptico da amostra In1-24a, de dunito com textura granoblástica com borda de alteração amarelada (1) com Cr-espinélio com textura “holy-leaf” (2) ou idiomórfico (3) e pargasita idiomórfica entre cristais de olivina em equilíbrio textural.

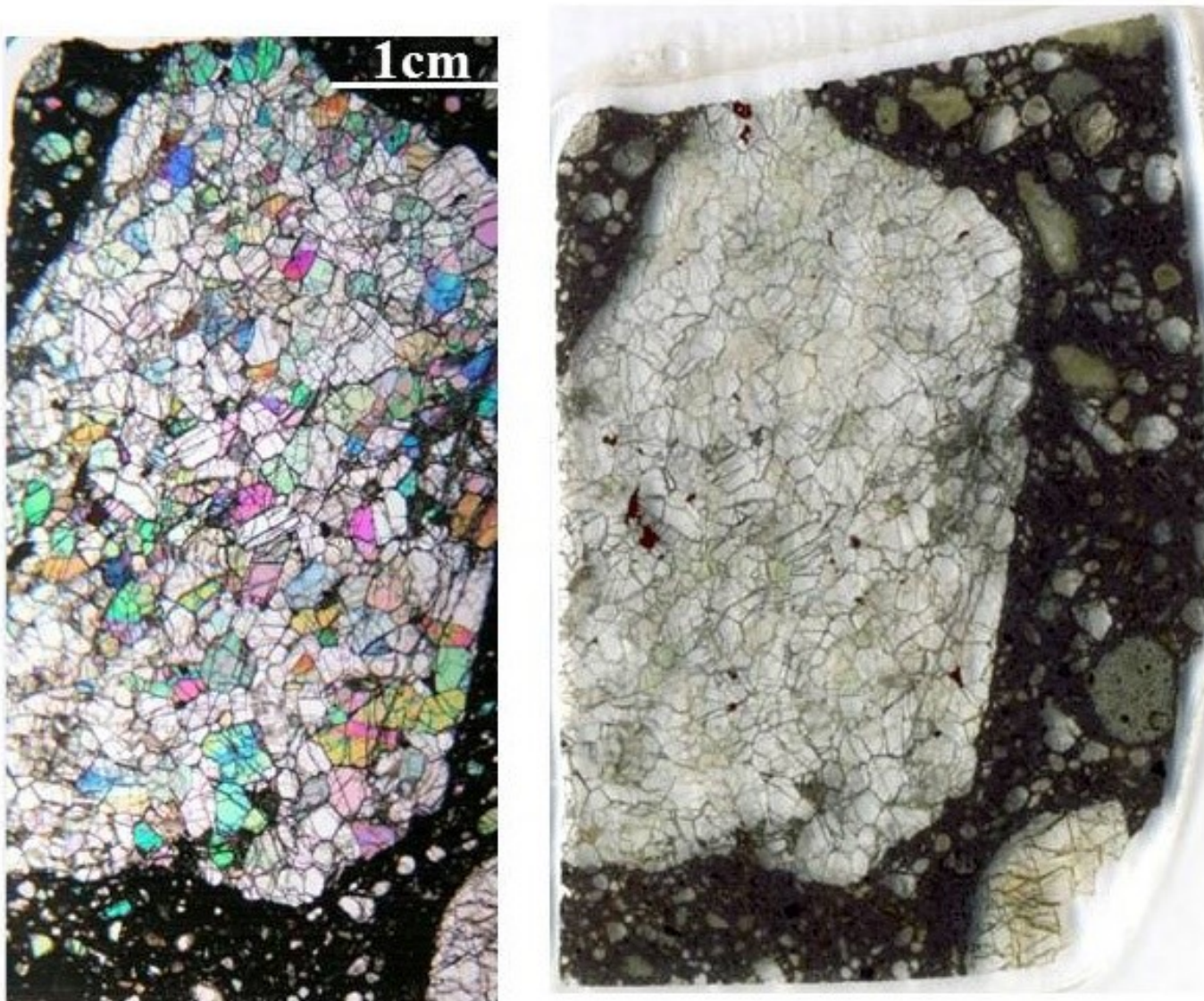


Figura 76 – Imagens de microscópio óptico da amostra In1-34, de harzburgito com textura granoblástica contendo pargasita.

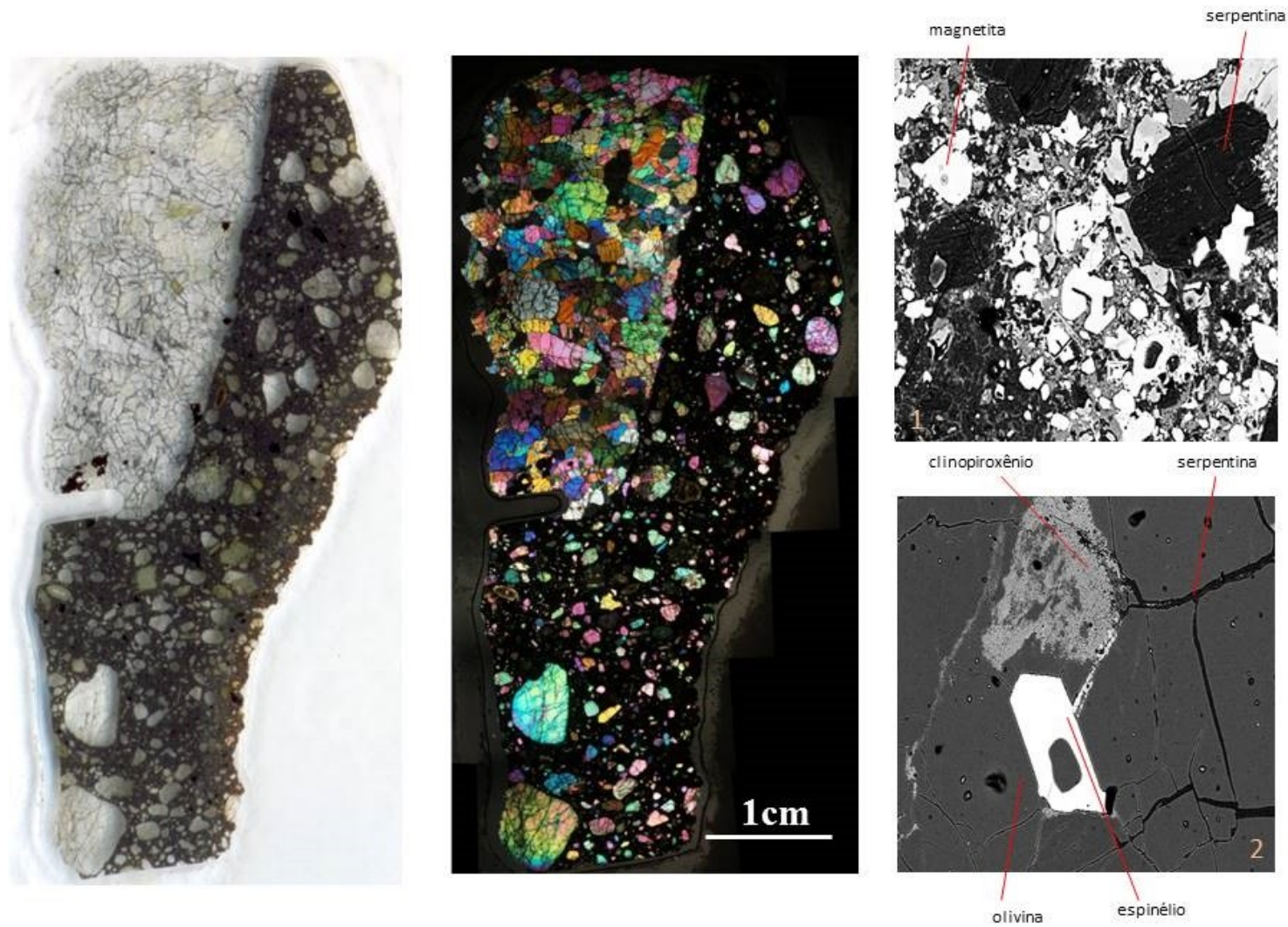


Figura 77 – Imagens de microscópio óptico e de MEV da amostra In1-50, de harzburgito com pargasita de textura transicional entre granoblástica e porfiroclástica em kimberlito. 1- Matriz do kimberlito composta por magnetita idiomórfica, carbonato e pseudomorfos de olivina; 2- Cr-espinélio idiomórfico com inclusão de olivina clinopiroxênio substituindo olivina.

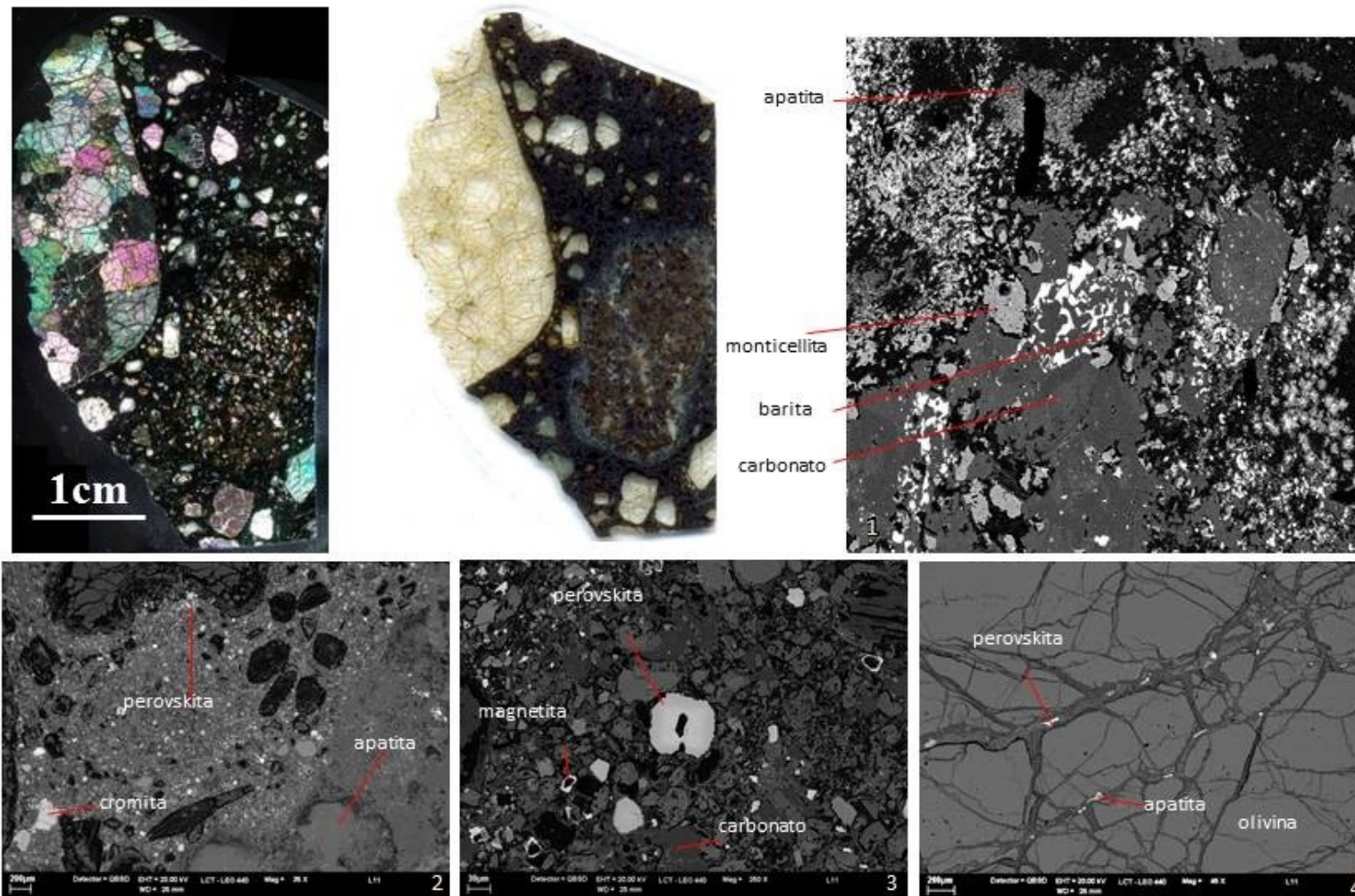


Figura 78 – Imagens de microscópio óptico e de MEV da amostra Lm1-14a e Lm1-14b, de dunito e de piroxenito alterado em meio a matriz kimberlítica. 1- porção da matriz enriquecida em carbonatos, com presença de barita, monticellita e apatita; 2- matriz de kimberlito exibindo cristais idiomórficos arredondados de olivina em massa composta por carbonato, apatita, serpentina, cromita e perovskita; 3- detalhe da matriz exibindo massa carbonática com apatita, monticellita, perovskita com inclusão de olivina e magnetita em atol; 4- fraturas em dunito com presença de serpentina, ilmenita, apatita, cromita e perovskita.



Figura 79 – Imagens de microscópio óptico e de MEV da amostra Lm1-29, de dunito composto somente por olivina, e serpentina nas fraturas, em meio a matriz kimberlítica.

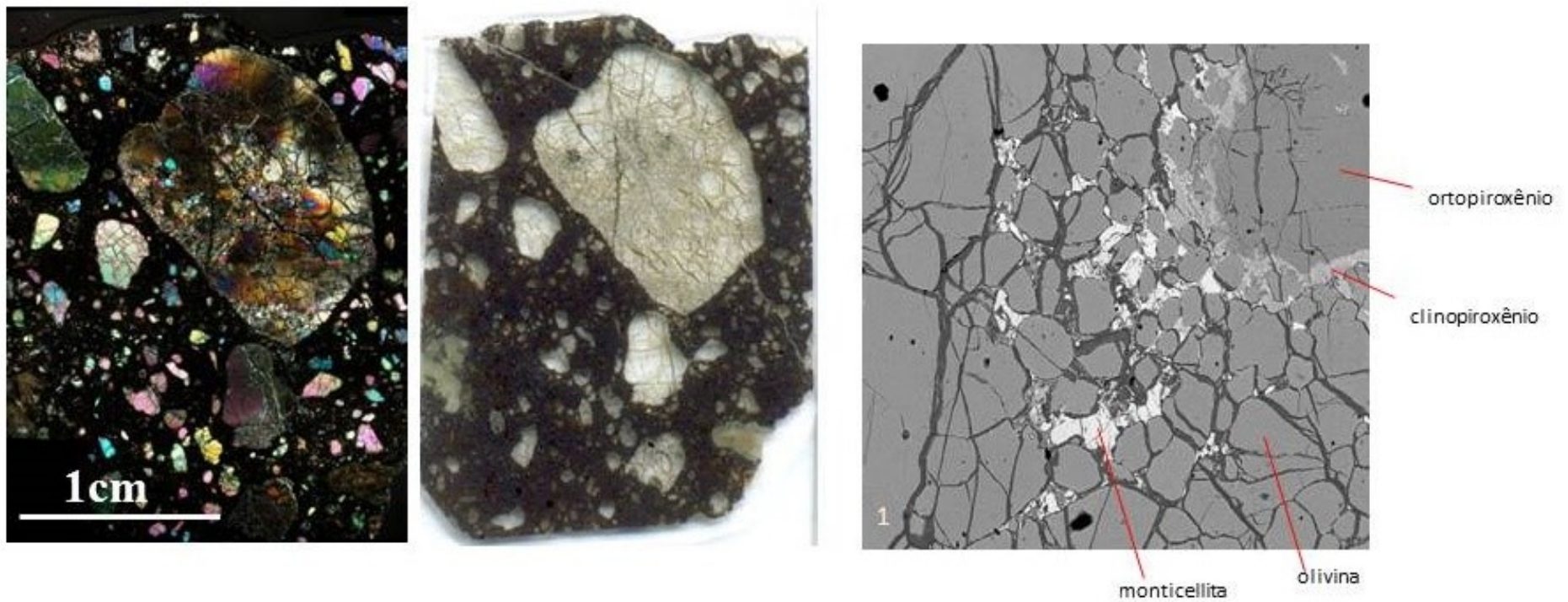


Figura 80 – Imagens de microscópio óptico e de MEV da amostra Lm1-32, de dunito porfiroclástico em mosaico em meio a matriz kimberlítica rica em macrocristais de olivina. 1- A imagem de MEV mostra os microcristais de olivina em mosaico, com monticellita intersticial, associados a ortopiroxênio bordejado por clinopiroxênio.

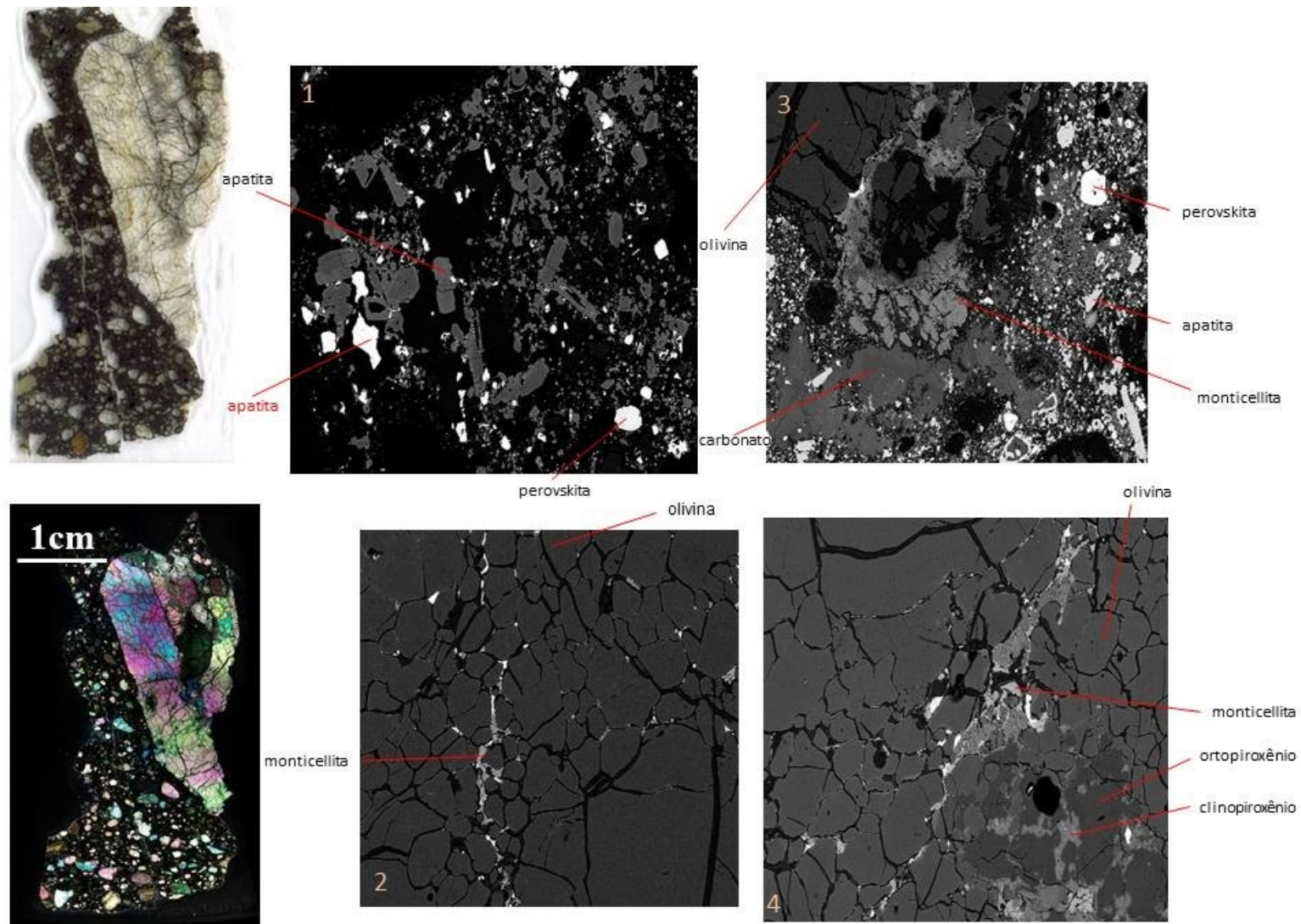


Figura 81 – Imagens de microscópio óptico e de MEV da amostra In1-25a, de dunito com textura porfiroclástica em mosaico em matriz kimberlítica. 1- visão da matriz composta por carbonato, apatita idiomórfica, monticellita, magnetita e perovskita; 2- contato entre xenólito e kimberlito com monticellita entre carbonato e olivina em textura de reação química; 3 e 4- olivina em mosaico com borda enriquecida em Fe e monticellita intersticial e ortopiroxênio residua bordejado por cliopiroxênio e olivina recristalizada.

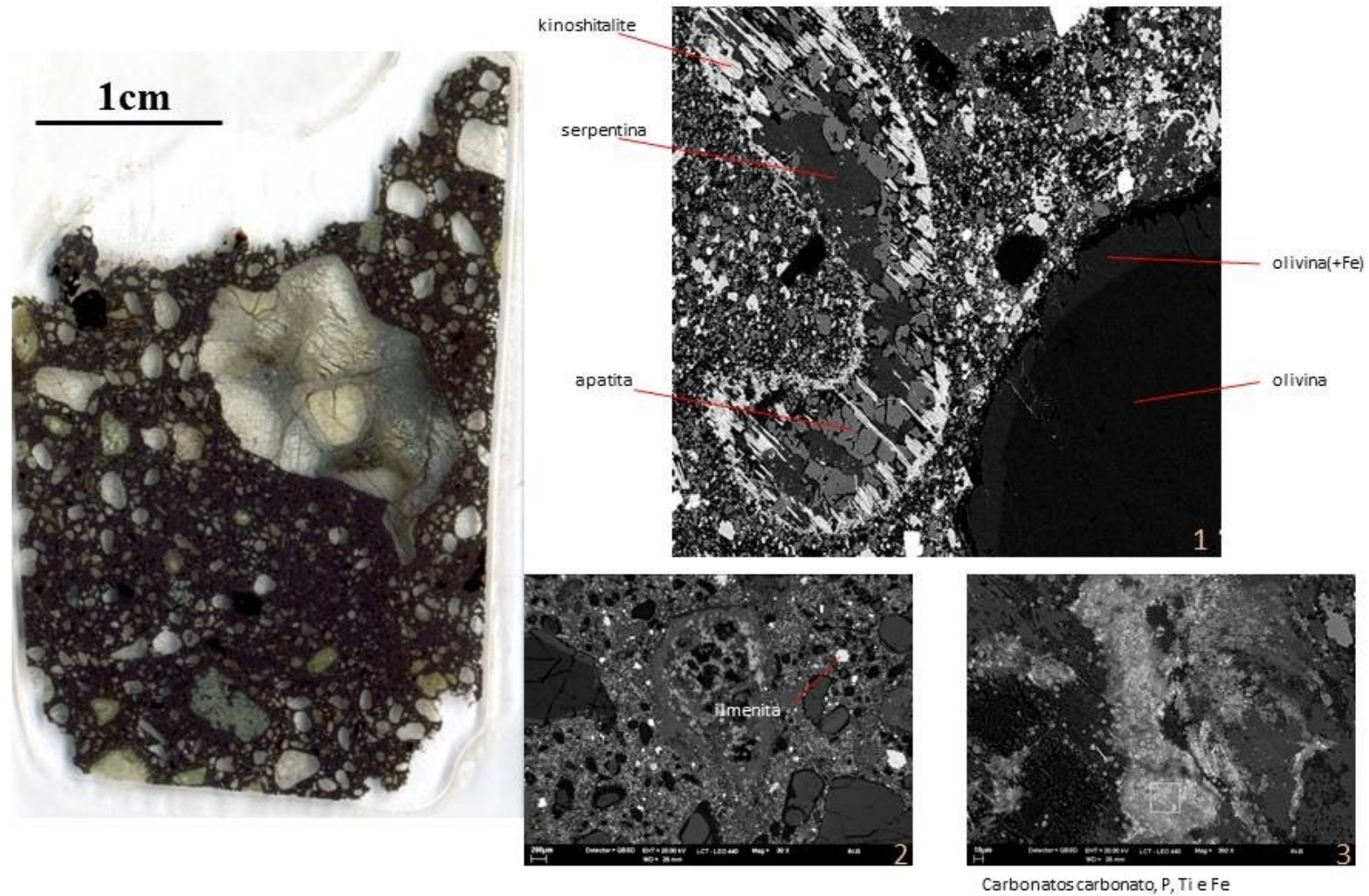


Figura 82 – Imagens de microscópio óptico e de MEV da amostra In1-33, de harzburgito com textura porfiroclástica em mosaico em meio a matriz kimberlítica. 1- macrocristal de apatita com borda de mica rica em Ba; 2- matriz composta por serpentina, apatita e olivina; 3- porção da matriz rica em carbonato e apatita.

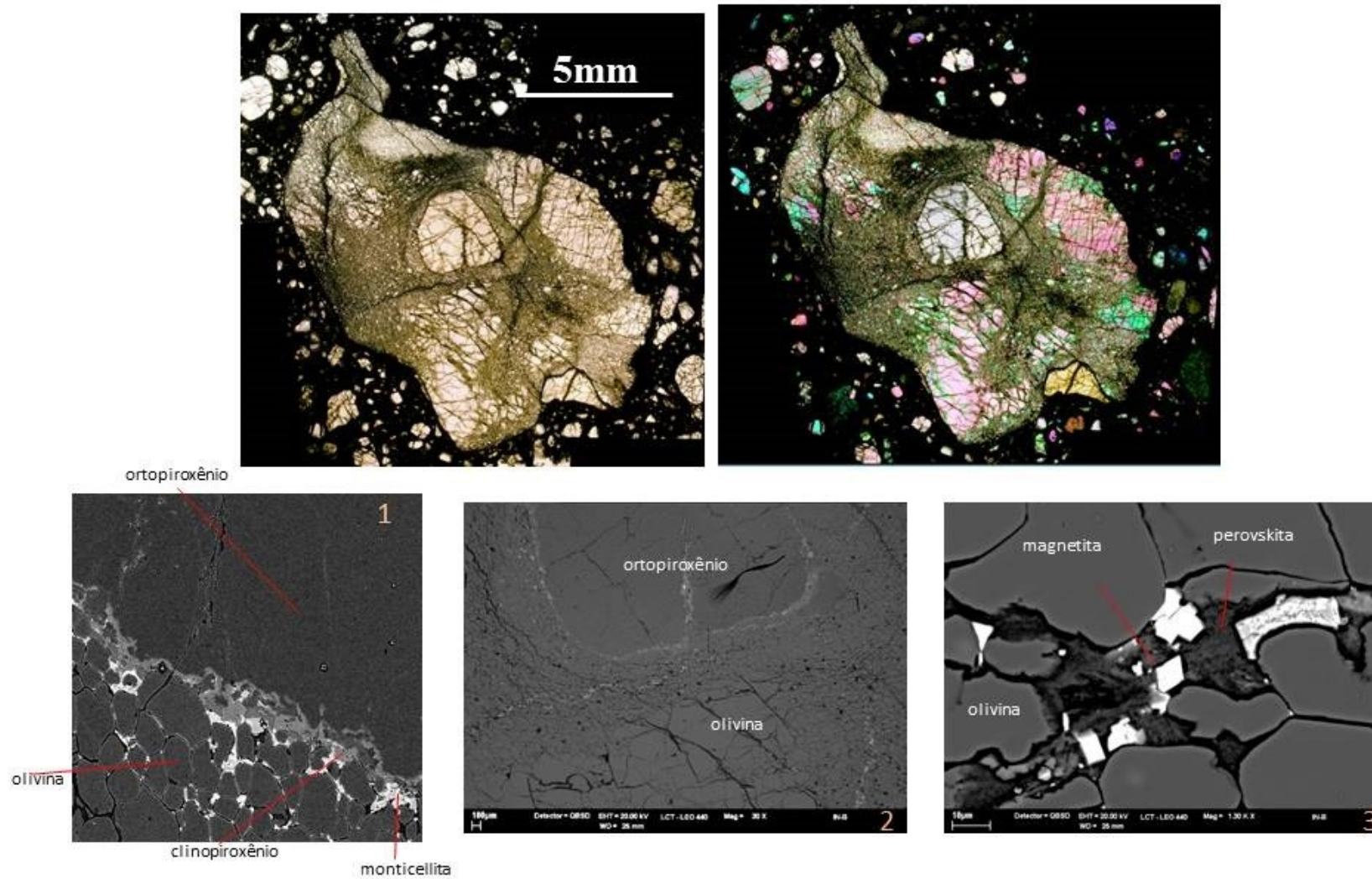


Figura 83 – Imagens de microscópio óptico e de MEV da amostra In1-33, de harzburgito com textura porfiroclástica em mosaico e fluidal. 1 e 2- contato entre olivina em mosaico e porfiroclastos de ortopiroxênio apresentando clinopiroxênio e monticellita intersticial; 3- em alguns limites de grãos ocorrem perovskita e magnetita.

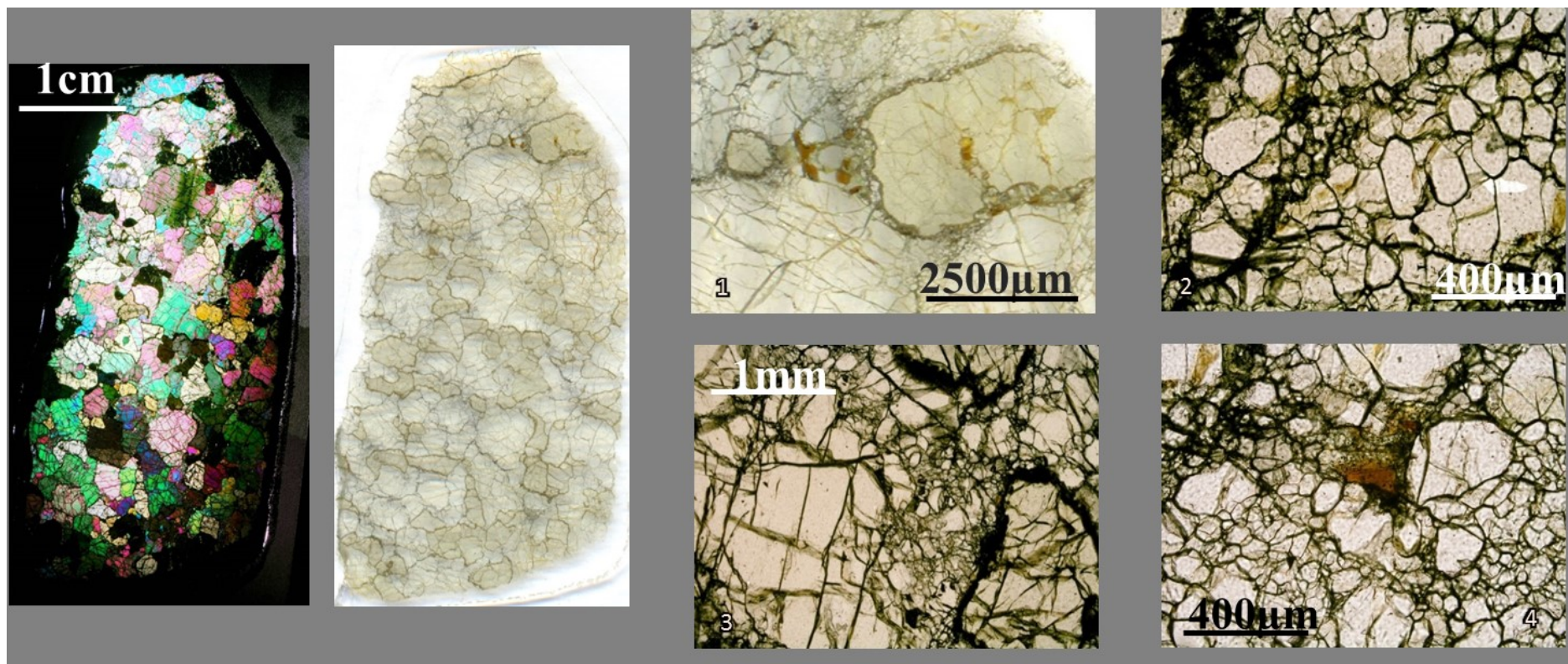


Figura 84 – Imagens de microscópio óptico da amostra In1-1, de harzburgito com textura porfiroclástica em mosaico. 1- ortopiroxênio bordejado por microcristais de olivina em mosaico com flogopita e clinopiroxênio intersticial; 2- detalhe da textura em mosaico; 3- cristais maiores de olivina em contato com cristais em mosaico e com cristais de ortopiroxênio; 4- flogopita intersticial nos cristais de olivina.

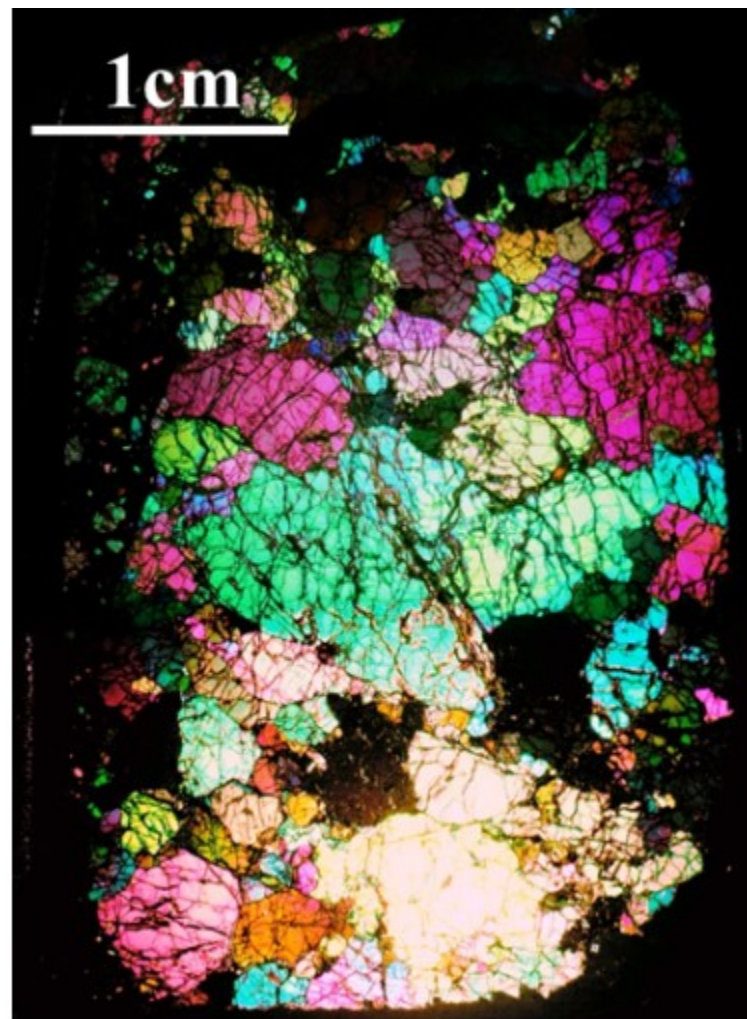
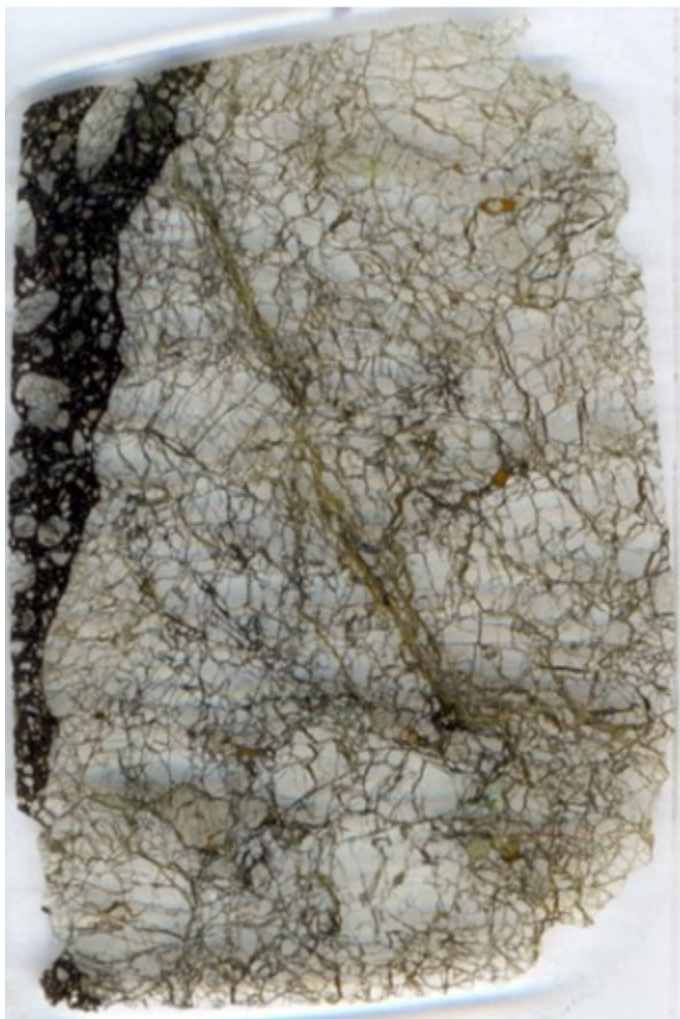


Figura 85 – Imagens de microscópio óptico e de MEV da amostra In1-5, de harzburgito protogranular com flogopita e clinopiroxênio secundários.

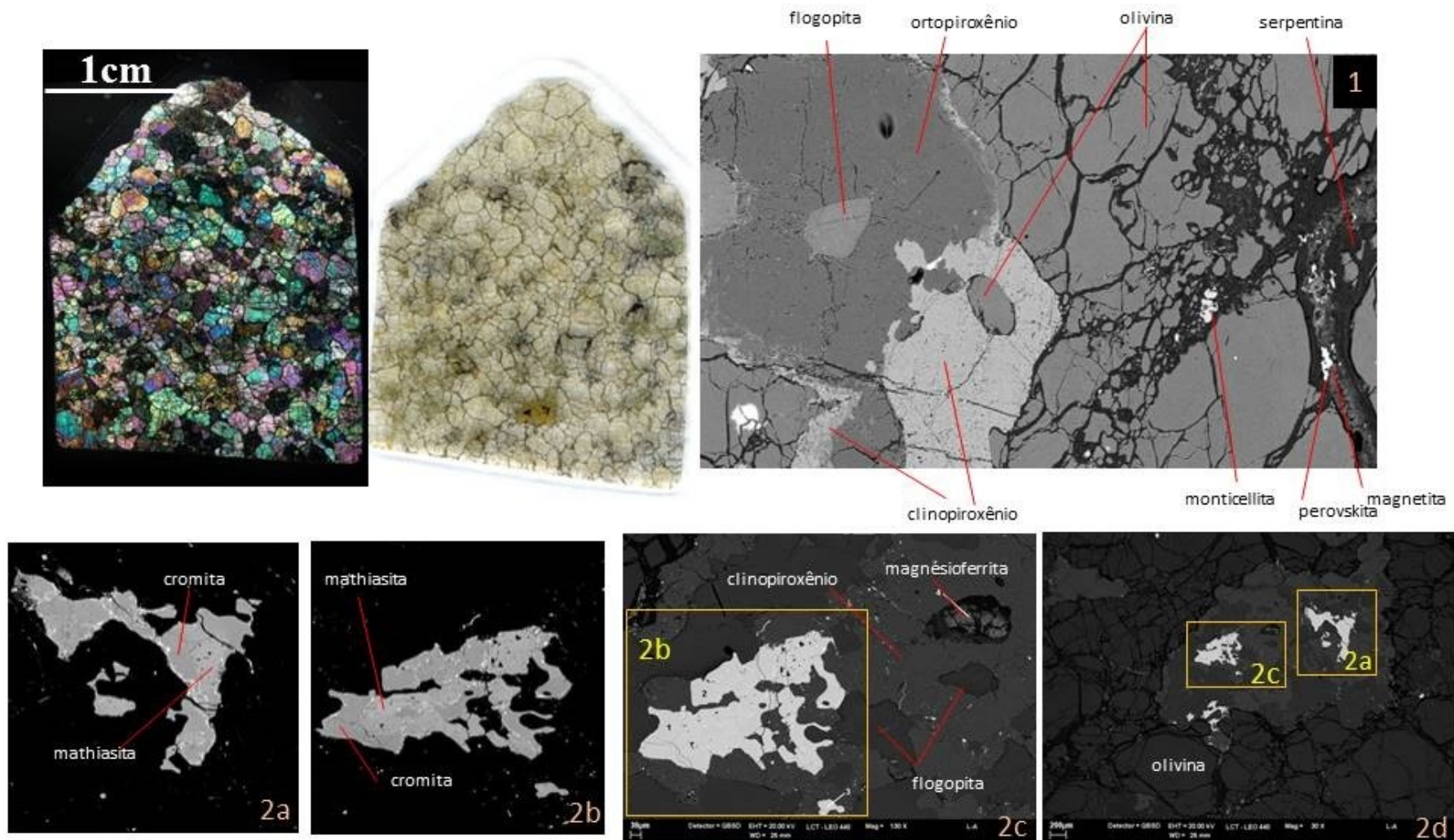


Figura 86 – Imagens de microscópio óptico e de MEV da amostra Lm1-1, de dunito protogranular com bolsões de flogopita olivina. 1- detalhe de ortopiroxênio com borda de clinopiroxênio em contato com clinopiroxênio, e olivina com infiltração de monticellita, perovskita e magnetita; 2a, 2b e 2c e 2d- cristais de cromita com borda de mathiasita dentro de bolsões de flogopita com clinopiroxênio.

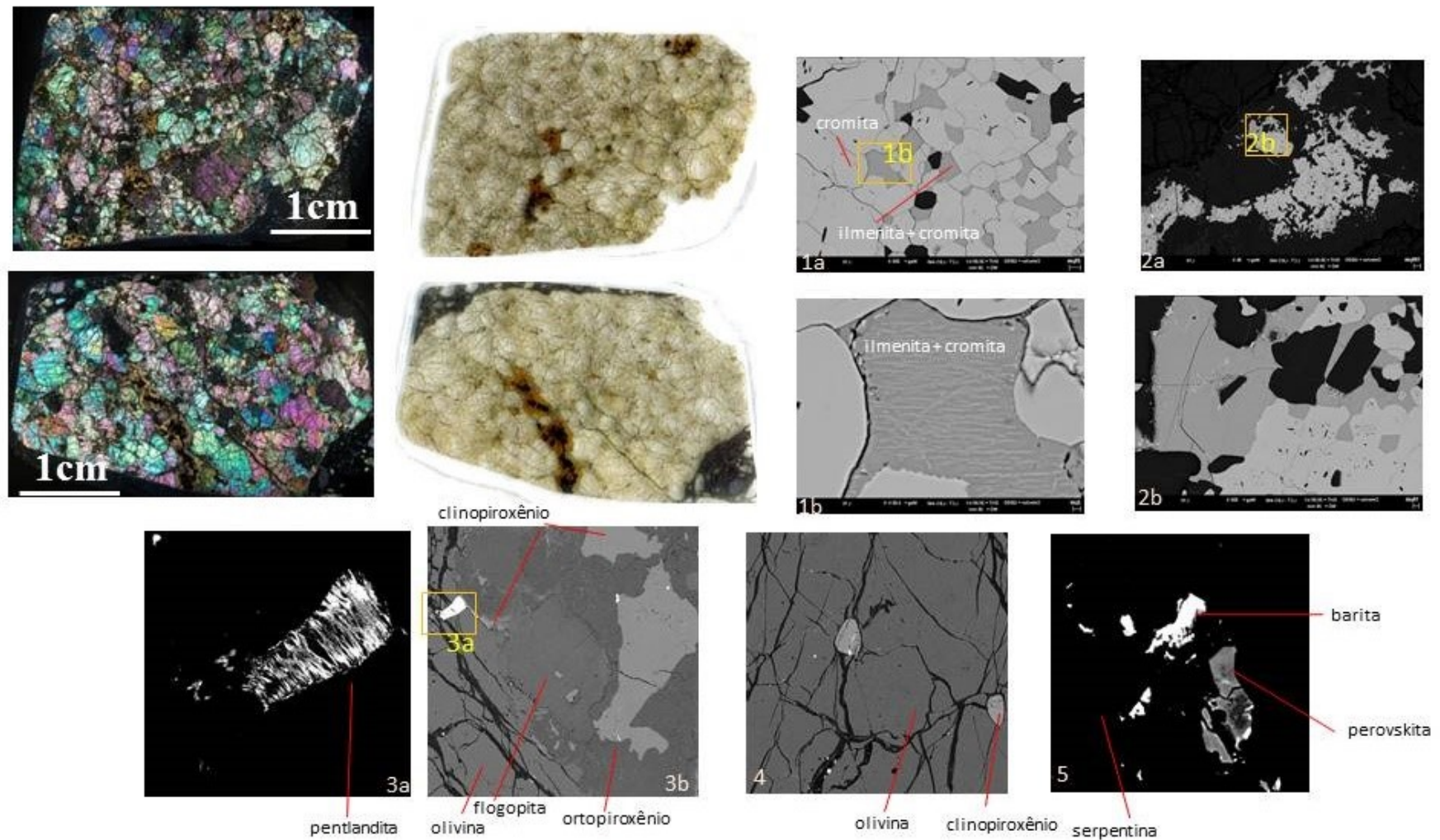


Figura 87 – Imagens de microscópio óptico e de MEV das amostras Lm1-26a e Lm1-26b, respectivamente de harzburgito com bolsões de flogopita e dunito com flogopita. 1a e 1b- cristais de cromita e ilmenita em equilíbrio textural, os cristais de cromita apresentam lamelas finas de cromita; 2a e 2b- ilmenita e cromita em meio a cristais de flogopita, a ilmenita ocorre aqui maior e sem lamelas de cromita; 3a e 3b- ortopiroxênio em textura de substituição da olivina com flogopita e clinopiroxênio associados, ainda ocorre pentlandita fibrosa intercalada com serpentina associada a fraturas na olivina; 4- clinopiroxênio com forma arredondada em meio as fraturas na olivina; 5- perovskita e barita na matriz kimberlítica na amostra Lm1-26b.

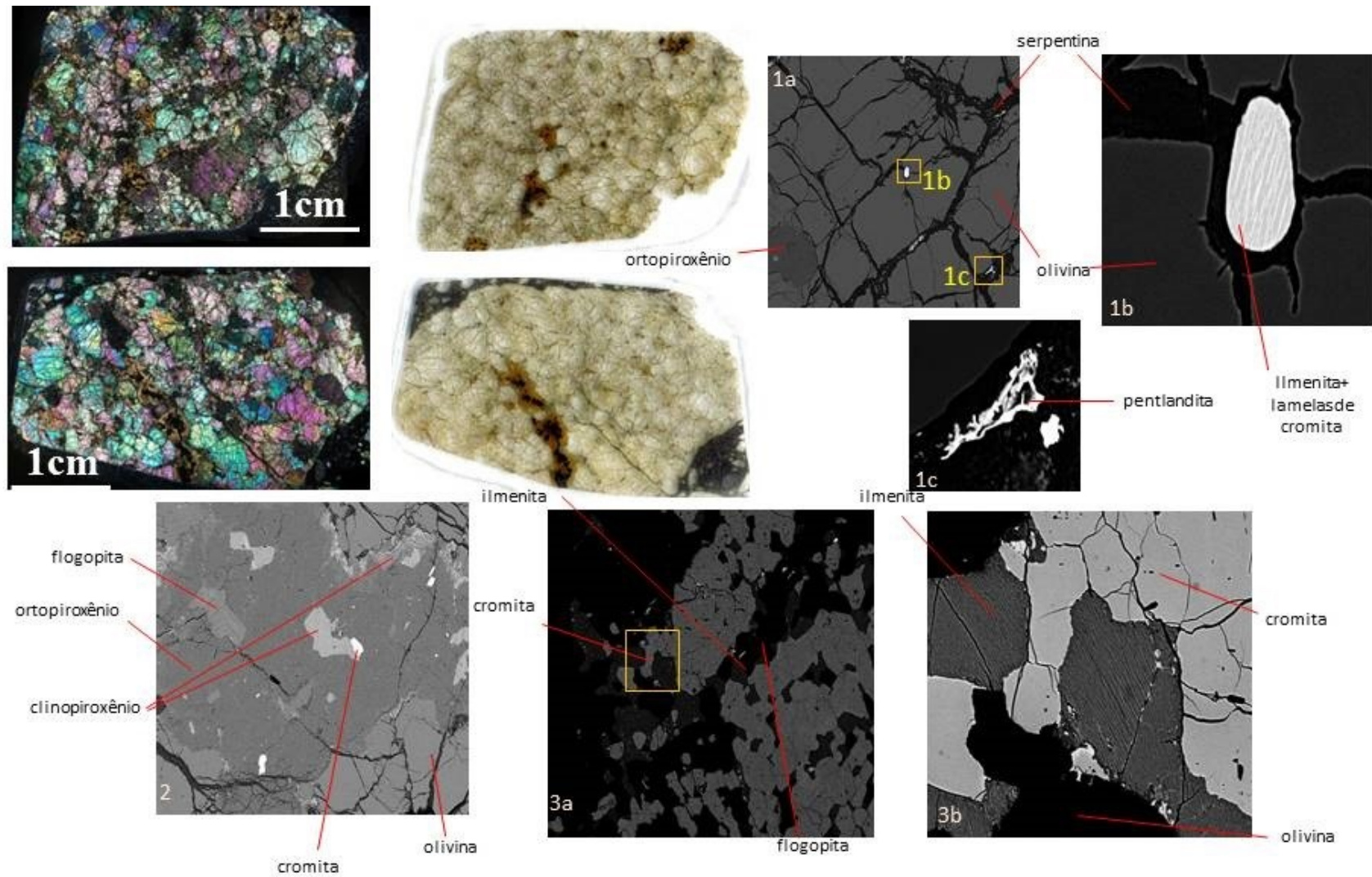


Figura 88 – Imagens de microscópio óptico e de MEV das amostras Lm1-26a e Lm1-26b, respectivamente de harzburgito com bolsão de flogopita e dunito com flogopita. 1a, 1b e 1c- imagens mostrando fraturas com inclusões de ilmenita com lamelas de cromita e pentlandita associada a serpentina; 2- detalhe de cristal de ortopiroxênio substituindo a olivina, com flogopita e clinopiroxênio associados; 3a e 3b- associação de cromita homogênea e ilmenita com lamelas de cromita em meio a olivina associados a bolsões de flogopita.

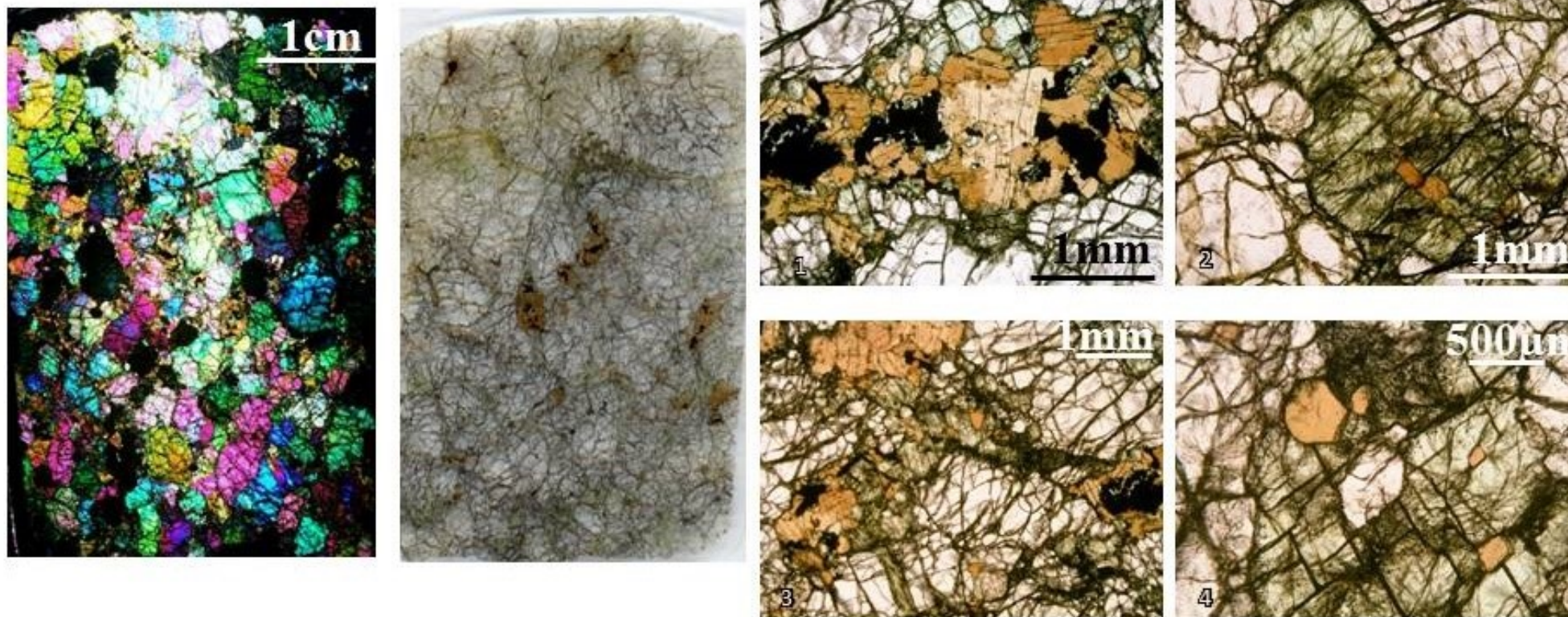


Figura 89 – Imagens de microscópio óptico da amostra In1-2, de flogopita dunito com textura protogranular. 1 e 3- a flogopita ocorrem em fraturas e bolsões ricos em clinopiroxênio e cromita no centro; 2 e 4- cristal anédrico de clinopiroxênio com inclusão de flogopita.

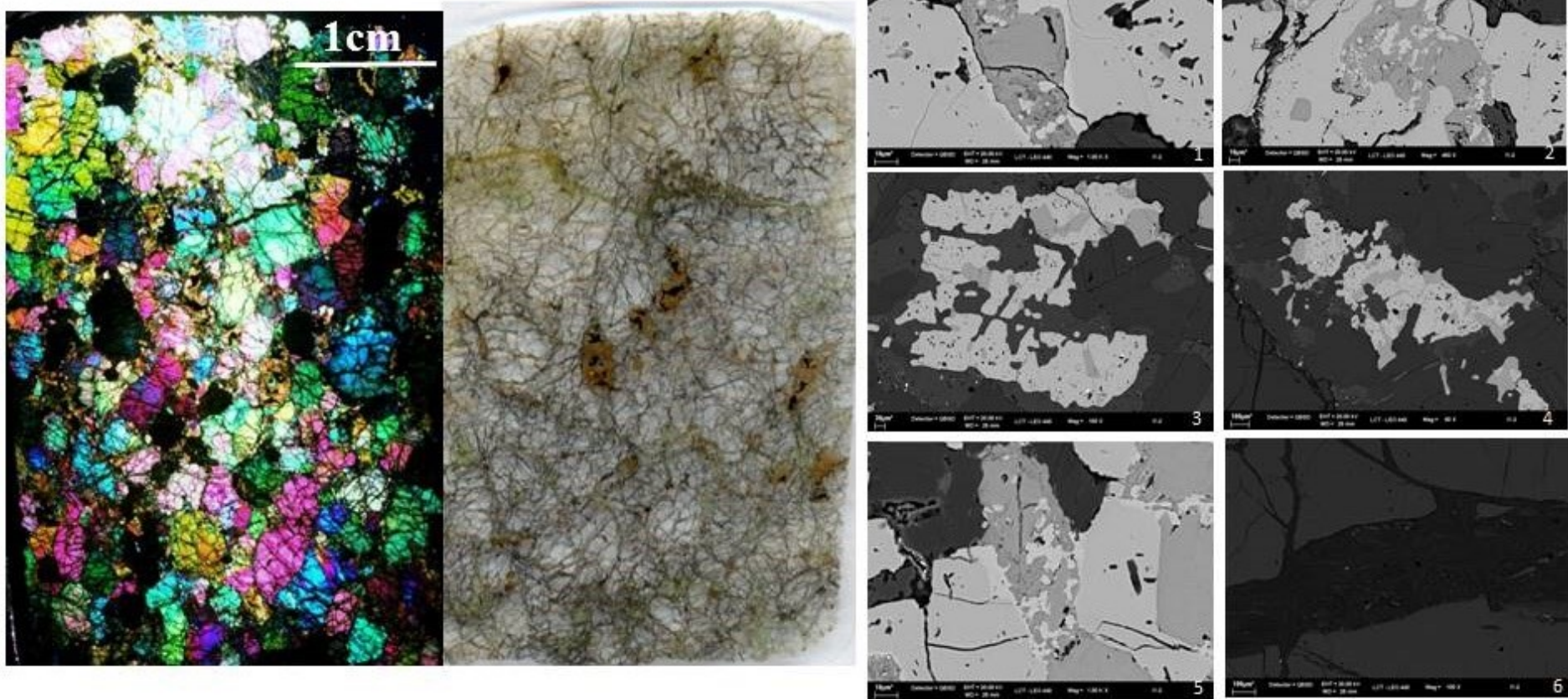


Figura 90 – Imagens de microscópio óptico da amostra In1-2, de flogopita dunito. 1- limenita e cromita com inclusões de flogopita; 2 e 5- cromita em desequilíbrio textural sendo parcialmente substituída por ilmenita; 3 e 4 ilmenita e cromita em equilíbrio textural dentro de bolsão de flogopita; 5- fratura de olivina preenchida por serpentina.

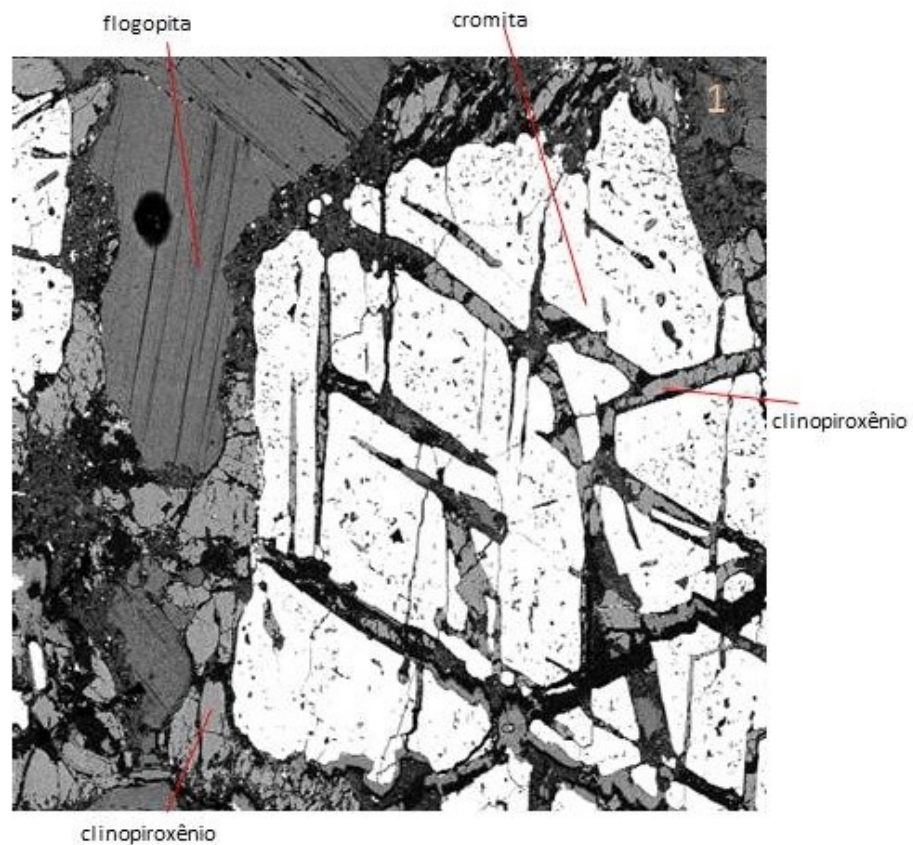


Figura 91 – Imagens de microscópio óptico e de MEV da amostra Fo-5, de dunito com textura protogranular com bolsões de flogopita com cromita e clinopyroxênio secundário associado. 1- detalhe do bolsão de flogopita com cromita homogênea com clinopyroxênio nas clivagens e na borda.

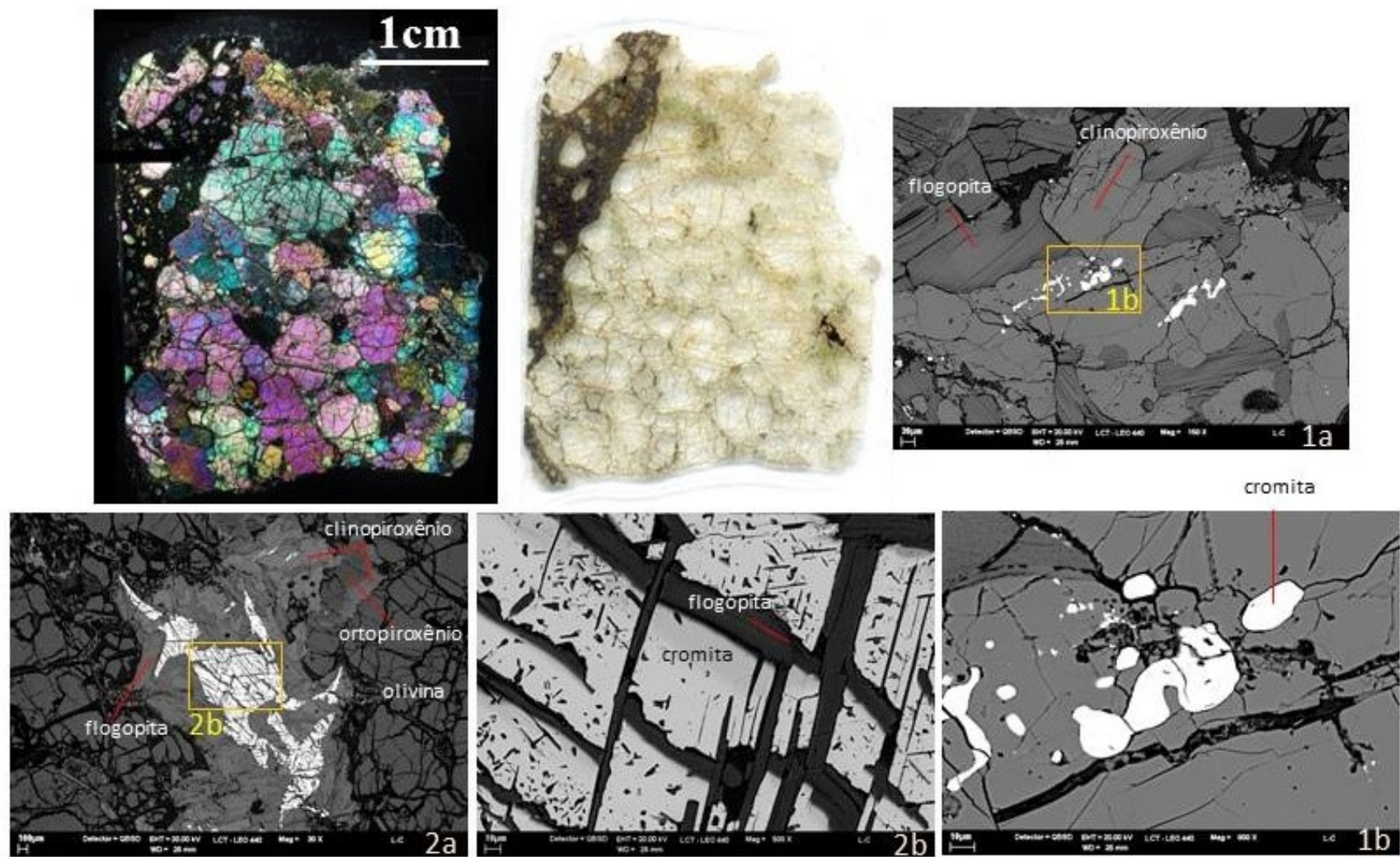


Figura 92 – Imagens de microscópio óptico e de MEV da amostra Lm1-15a, de dunito protogranular com bolsões de flogopita e clinopiroxênio. 1a e 1b- bolsão de flogopita com clinopiroxênio contendo inclusões de cromita arredondada homogênea; 2a e 2b- bolsão de flogopita e clinopiroxênio com cromita homogênea anédrica com clivagens preenchidas por flogopita e ortopiroxênio associado com borda de clinopiroxênio.

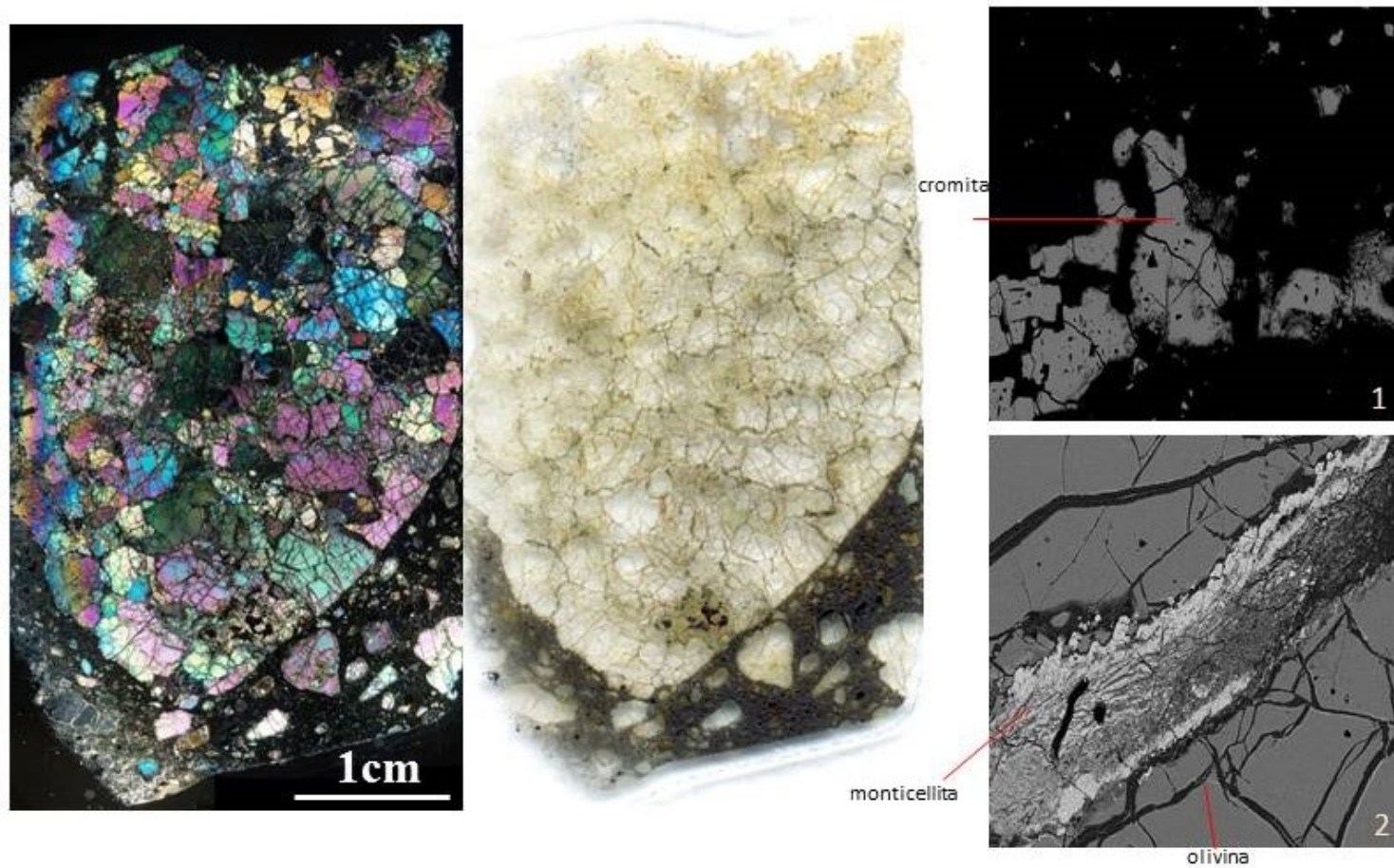


Figura 93 – Imagens de microscópio óptico e de MEV da amostra Lm1-15b, de dunito protogranular com bolsões de flogopita e clinopiroxênio. 1- cristais anédricos de cromita em meio a serpentina e clinopiroxênio; 2- fratura em olivina preenchida por apatita e serpentina.

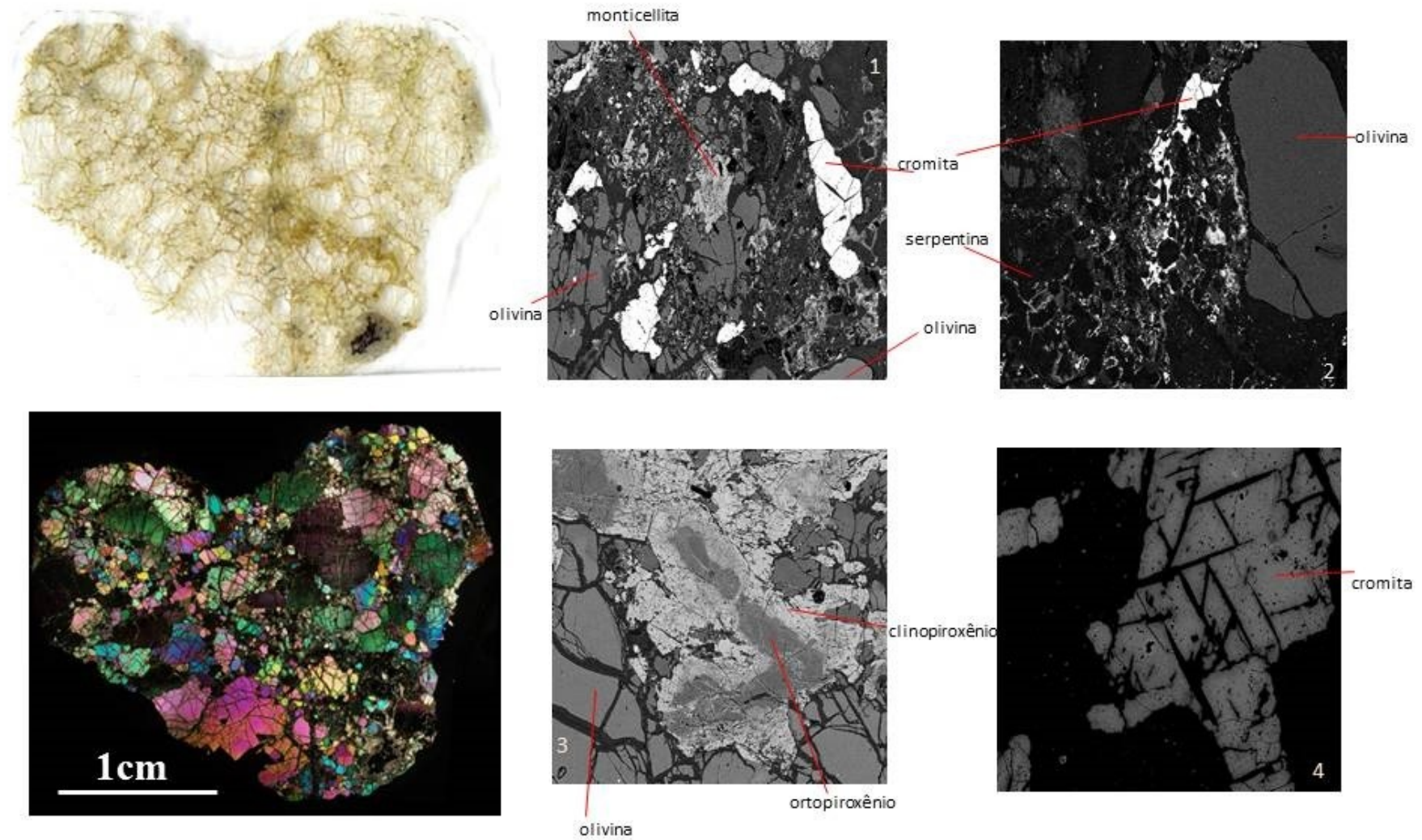


Figura 94 – Imagens de microscópio óptico e de MEV da amostra Lm1-28, de dunito protogranular com flogopita. 1 e 2- olivina extremamente fraturada com cromita anédrica, e serpentina com monticellita secundárias; 3- clinopiroxênio bordejando ortopiroxênio nos contatos com olivina; 4- cromita quimicamente homogênea com flogopita nas clivagens.

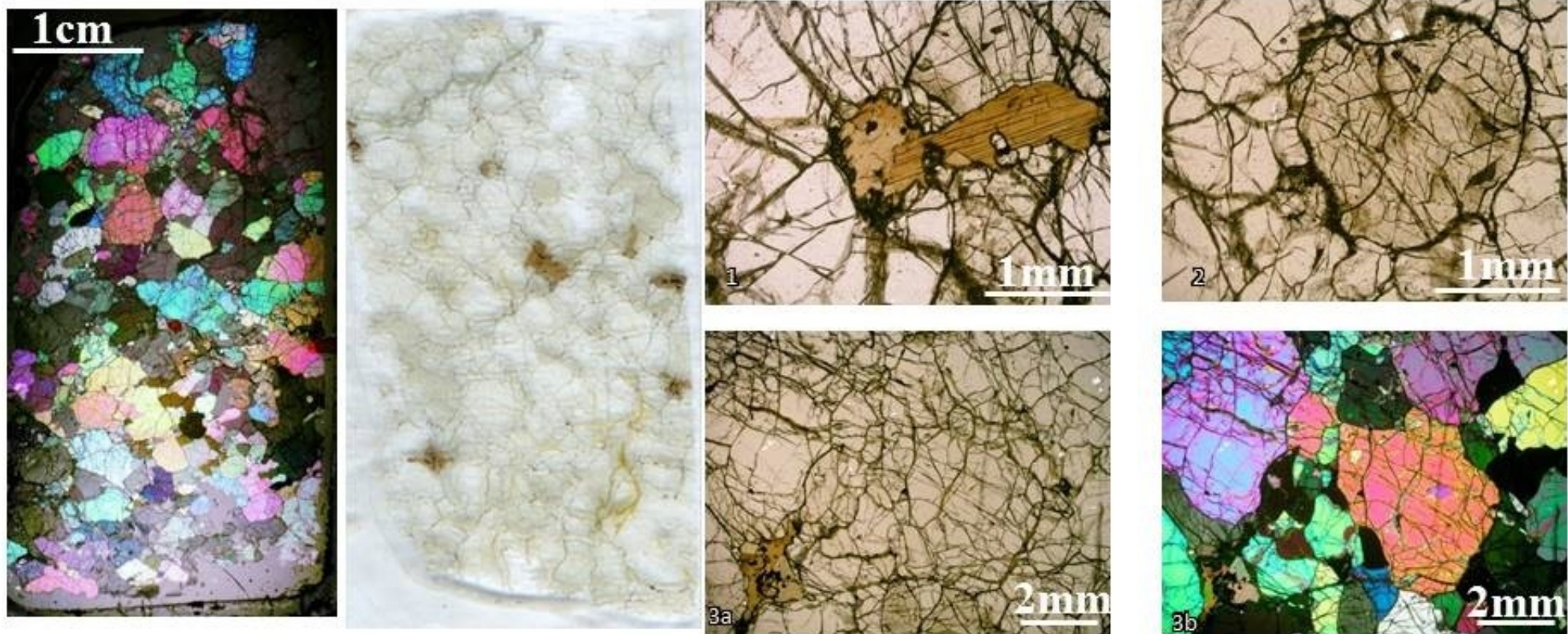


Figura 95 – Imagens de microscópio óptico da amostra In1-20b, de harzburgito com textura protogranular e bolsões de flogopita com cromita. 1- flogopita entre cristais anédricos de ortopiroxênio e olivina; 2 detalhe de cristal de ortopiroxênio com clivagens perpendiculares; 3a e 3b (polarizadores cruzados)- visão geral dos grãos anédricos de olivina e ortopiroxênio e no canto inferior esquerdo bolsão de flogopita com cromita no centro.

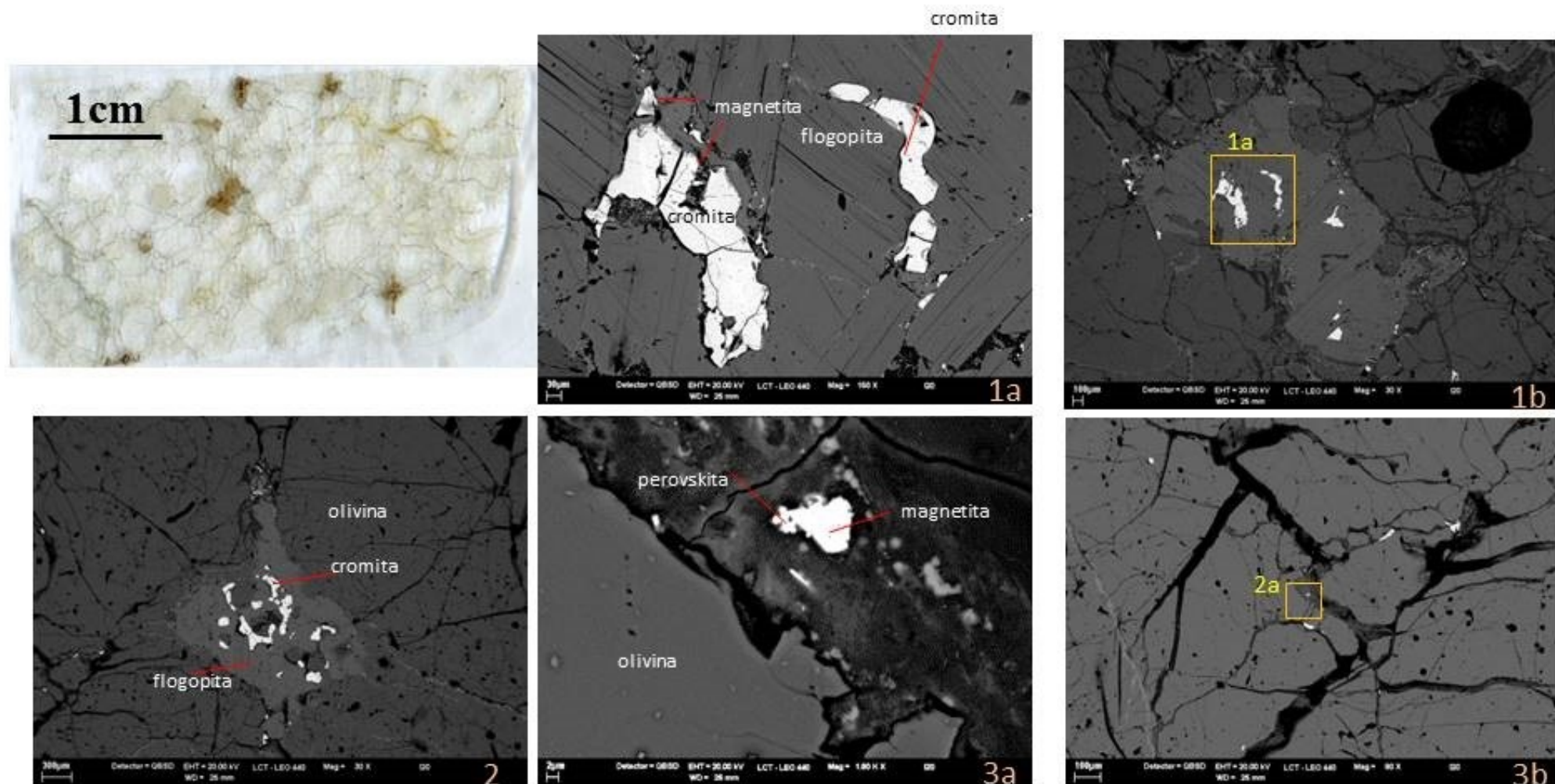


Figura 96 – Imagens de microscópio óptico da amostra In1-20b, de harzburgito com textura protogranular e bolsões de flogopita com cromita. 1a e 1b- cristais subarredondados de cromita em meio a bolsão de flogopita, ocorre clinopiroxênio em pouca quantidade na borda de cromita; 2-bolsão de flogopita associado a ortopiroxênio com borda fina de clinopiroxênio; 3a e 3b- magnetita e perovskita fina infiltrados nas fraturas de olivina.

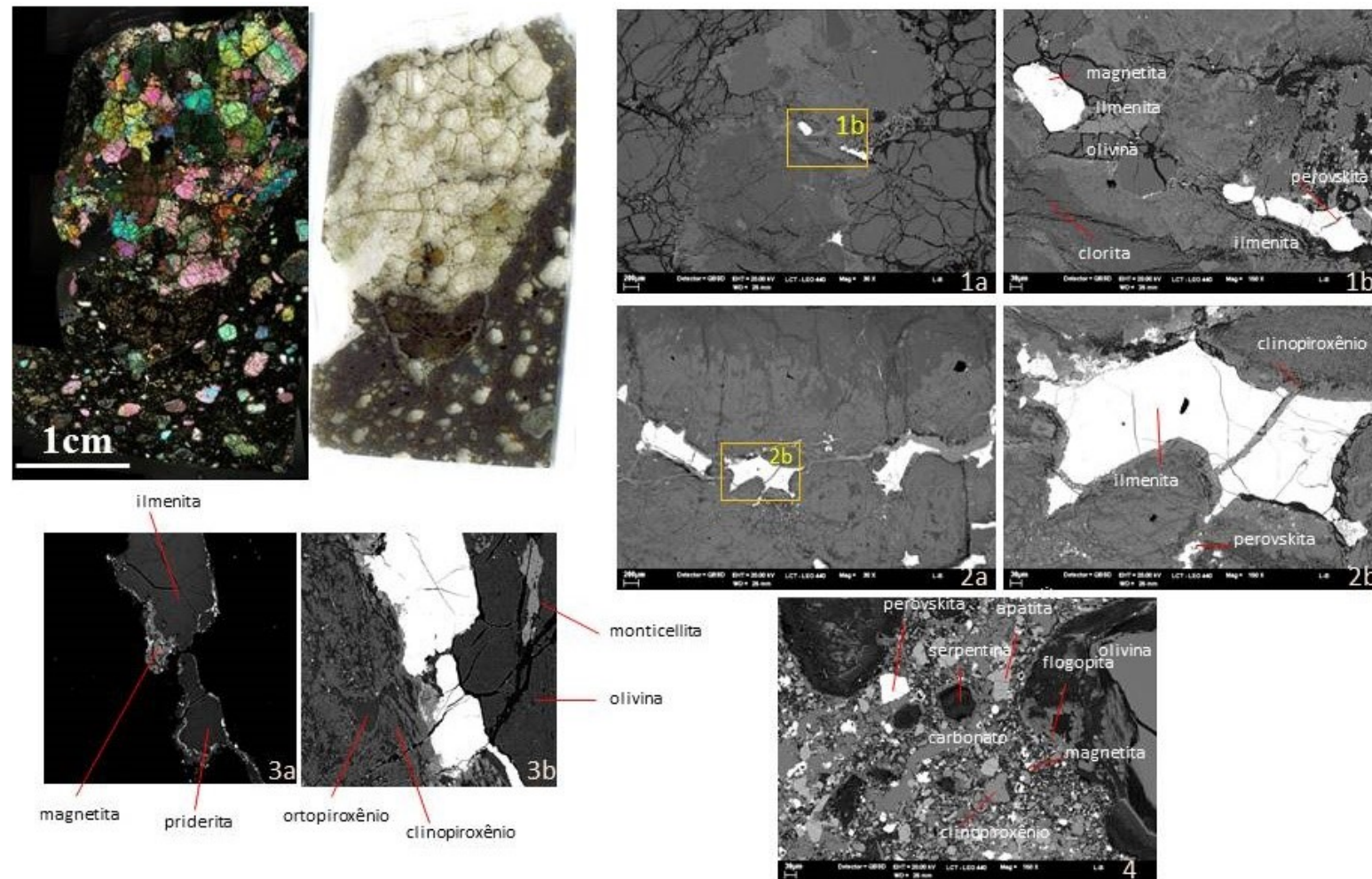


Figura 97 – Imagens de microscópio óptico e de MEV da amostra Lm1-22, de dunito com flogopita e clinopiroxênio secundários. 1a e 1b- bolsão composto por flogopita, clinopiroxênio e ilmenita arredondada em meio a cristais de olivina e ortopiroxênio com borda de clinopiroxênio; 2a e 2b- borda do xenólito em disequilíbrio químico com intensa reação entre olivina e ortopiroxênio gerando massa heterogenea muito fina composta por ortopiroxênio e clinopiroxênio e cristais de ilmenita associados às fraturas com forma anédrica com borda de monticellita e perovskita; 3a e 3b- cristais de ilmenita e priderita anédricos com borda de perovskita, magnetita e monticellita ao lado de textura de reação química intensa com massa muito fina de clinopiroxênio e ortopiroxênio; 4- detalhe da matriz do kimberlito.

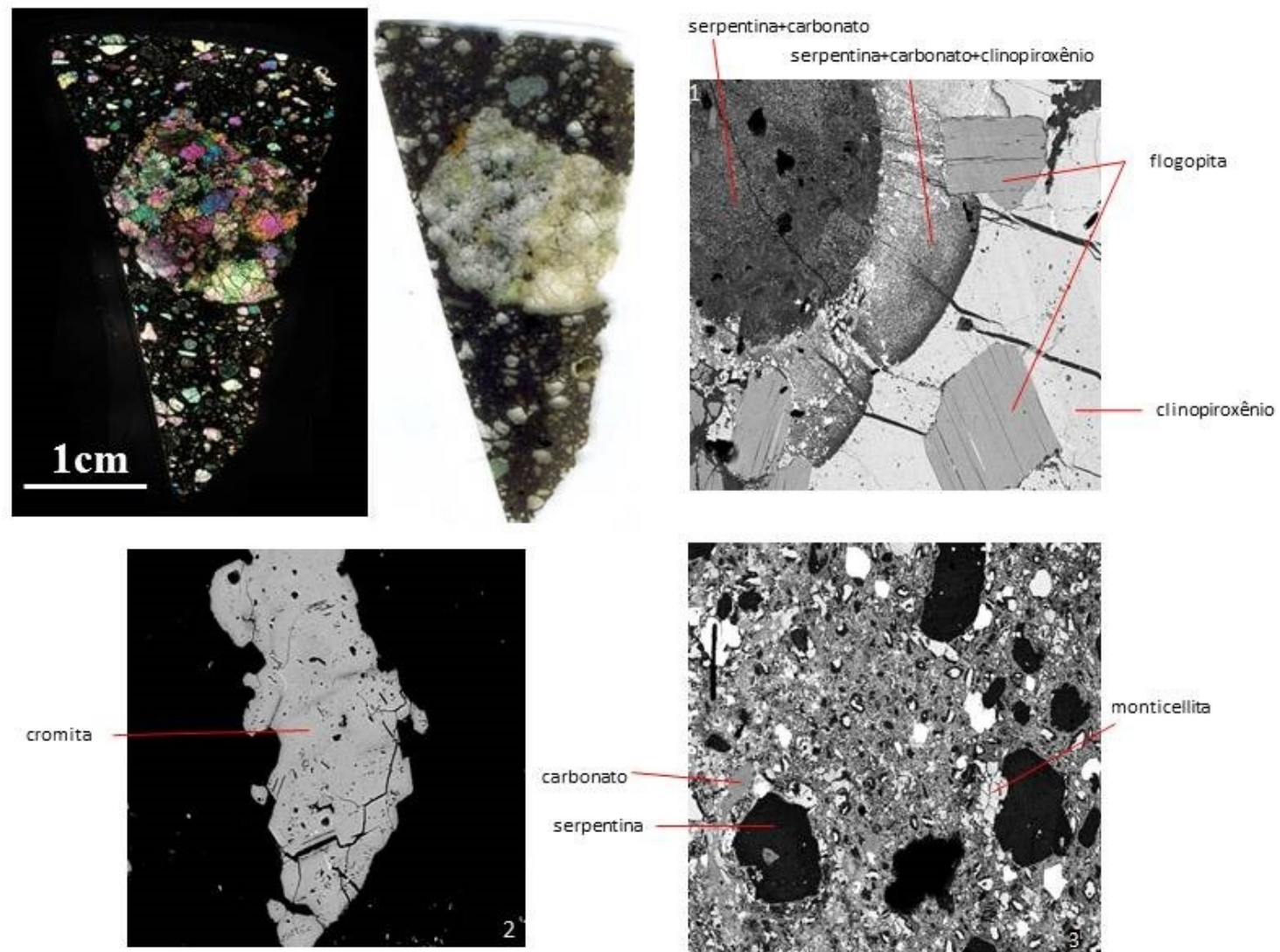


Figura 98 – Imagens de microscópio óptico e de MEV da amostra Lm1-38, de wehrlito protogranular com ilmenita e flogopita em emioa a matriz kimberlítica. 1- estrutura de corrosão evidenciado por material pulverulento composto por serpentina e carbonato atingindo clinopiroxênio e flogopita em bolsão dentro do xenólito; 2- cromita geminada em meio a clinopiroxênio no xenólito peridotítico; 3- matriz kimberlítica apresentando pseudomorfos de olivina idiomórficos (serpentina), carbonato, monticellita, magnetita e perovskita.

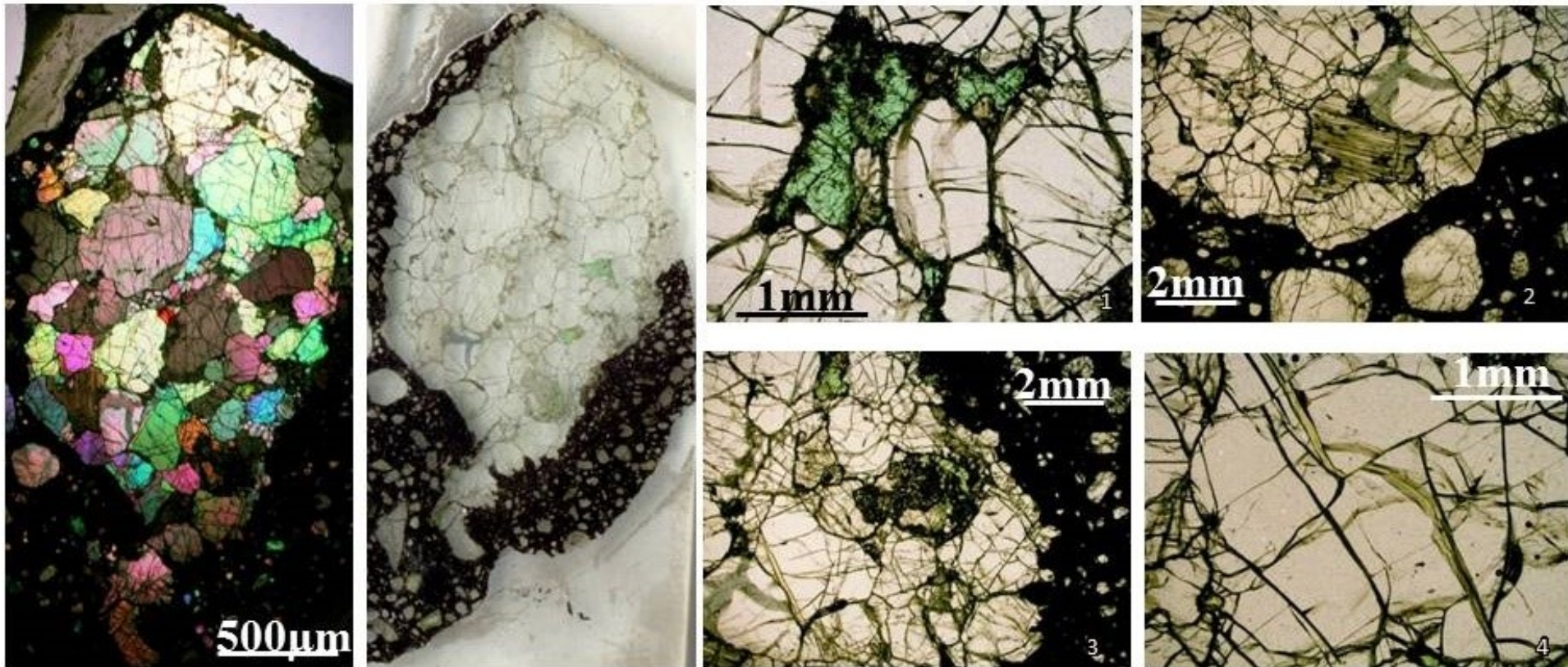


Figura 99 – Imagens de microscópio óptico da amostra In1-12, de harzburgito com textura protogranular e bolsões de clinopiroxênio com flogopita e cromita associados. 1- bolsão de clinopiroxênio secundário em meio a cristais idiomórficos de olivina; detalhe de ortopiroxênio com geminação; 3- contato de xenólito com kimberlito com textura de infiltração de carbonato e reação com o clinopiroxênio; 4- detalhe de fraturas na olivina, algumas delas são preenchidas por serpentina.

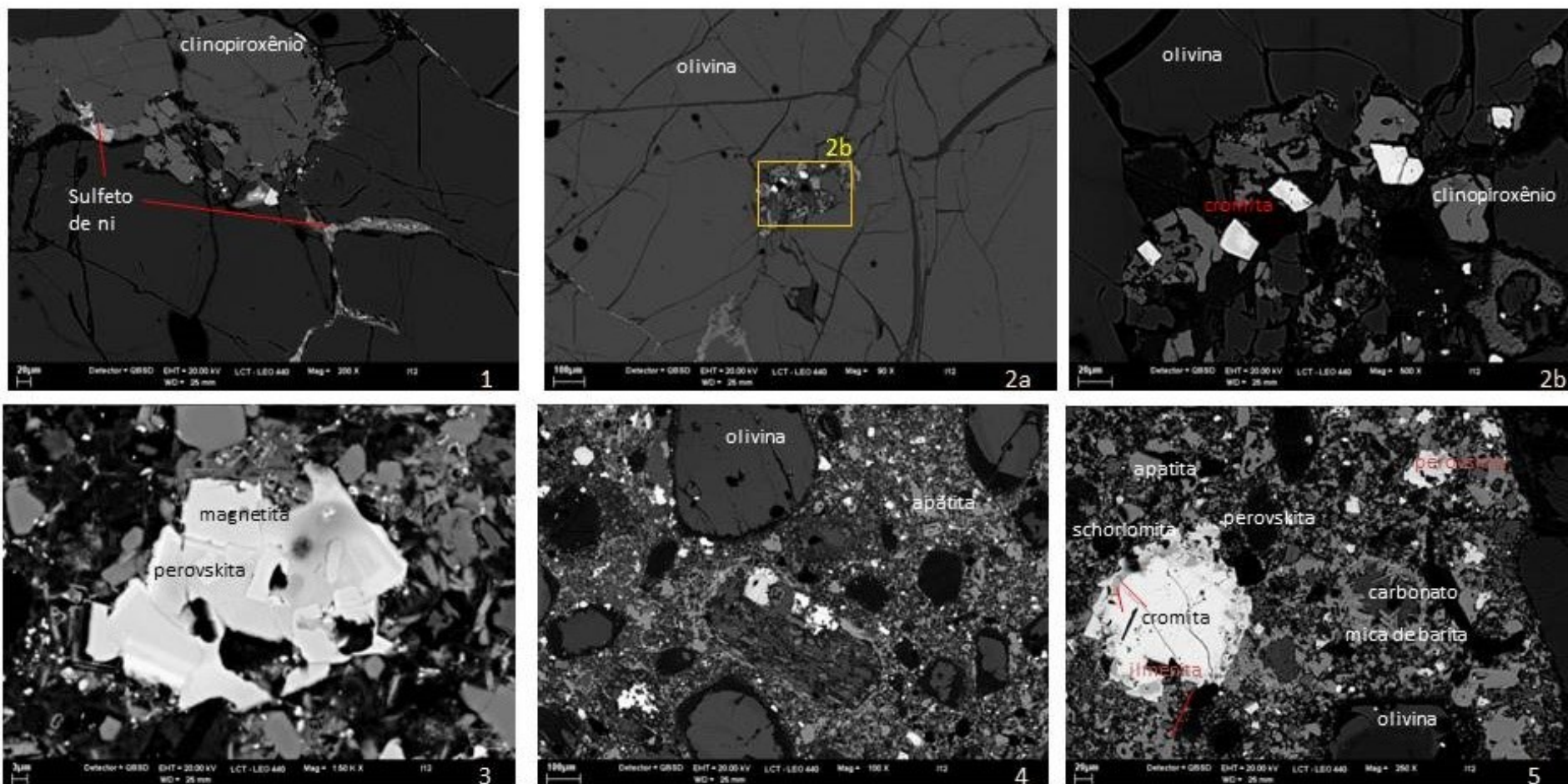


Figura 100 – Imagens de microscópio óptico da amostra In1-20b, de harzburgito com textura protogranular e bolsões de flogopita com cromita. 1- pentlandita associada a serpentina intersticial no harzburgito; 2a e 2b- cromita idiomórfica em meio a fraturas no harzburgito contendo serpentina e clinopiroxênio em desequilíbrio químico; 3- perovskita intercrescida com magnetita em matriz kimberlítica; 4- matriz kimberlítica com macrocristais arredondados de olivina; 5 – macrocristal de cromita com bordas de schorlomita e perovskita em meio a matriz kimberlítica.

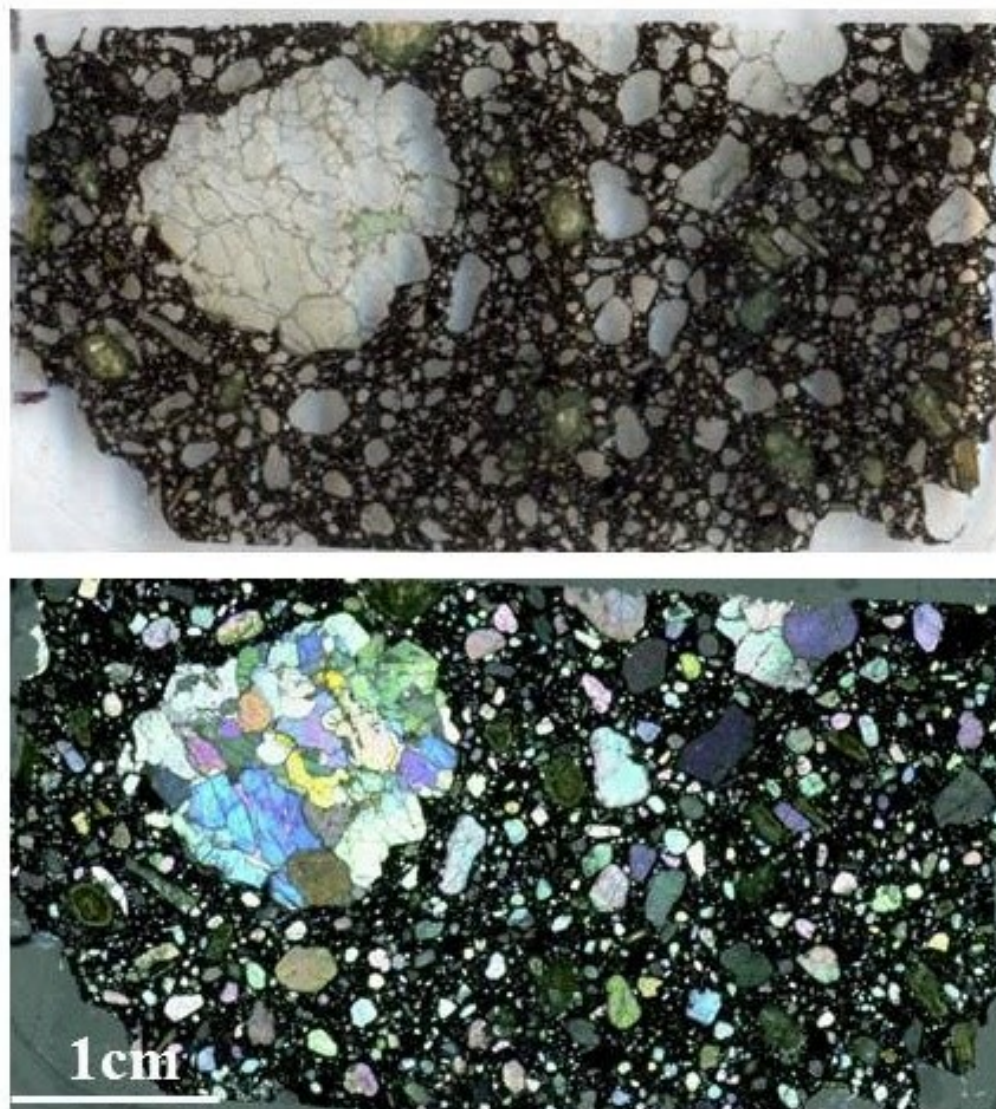


Figura 101 – Imagens de microscópio óptico da amostra In1-14b, de harzburgito arredondado com textura transicional entre granoblástica e protogranular com flogopita e clinopiroxênio secundários, em meio a matriz kimberlítica.

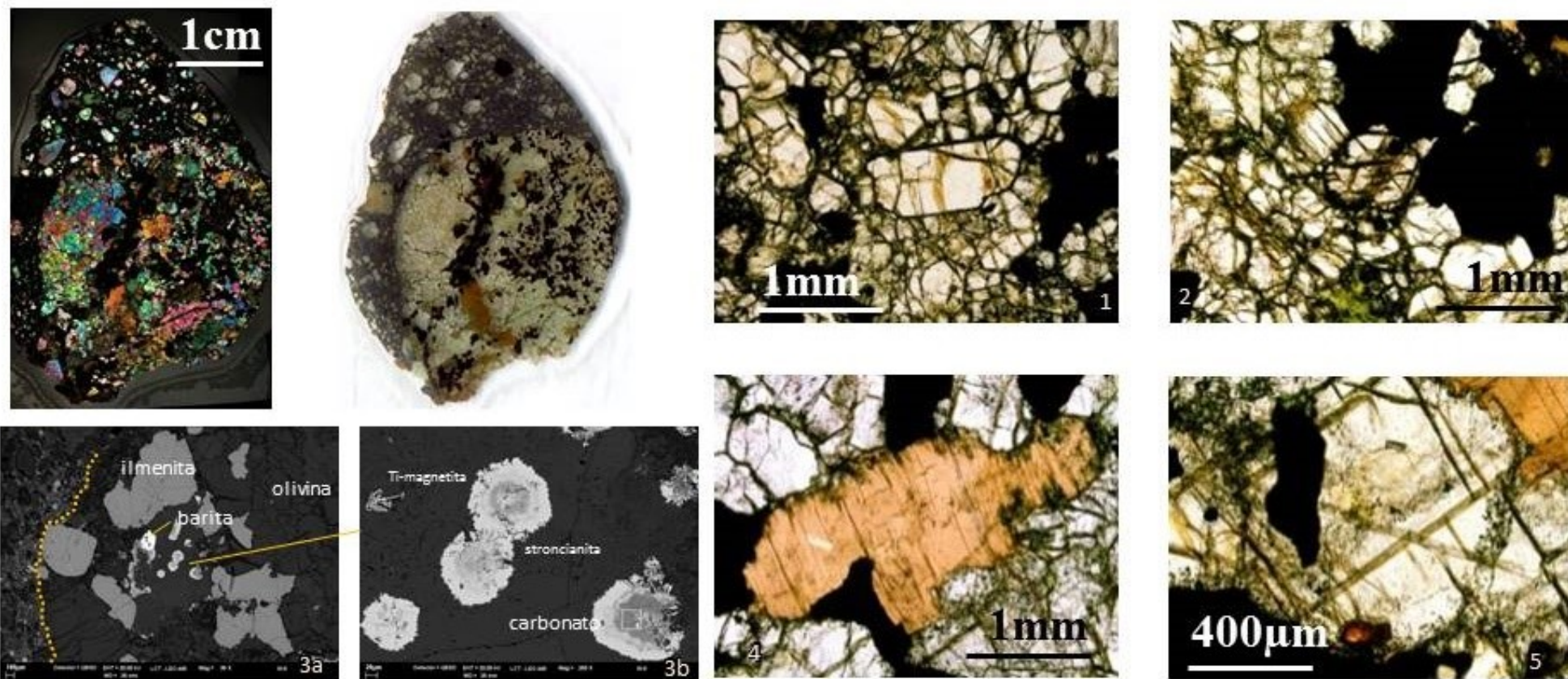


Figura 102 – Imagens de microscópio óptico e de MEV da amostra In1-6, de flogopita ilmenita wehrlito arredondado. 1- porção do xenólito com cristais idiomórficos de olivina em meio a cristais de clinopiroxênio; 2- zircão idiomórfico associado a aglomerado de ilmenita; 3a e 3b- bolsão de carbonato com barita, stroncianita e Ti-magnetita; 4- cristal de flogopita anédrico associado a ilmenita entre cristais de olivina; 5- cristal de ilmenita dentro de cristal maior de clinopiroxênio com clivagens proeminentes.

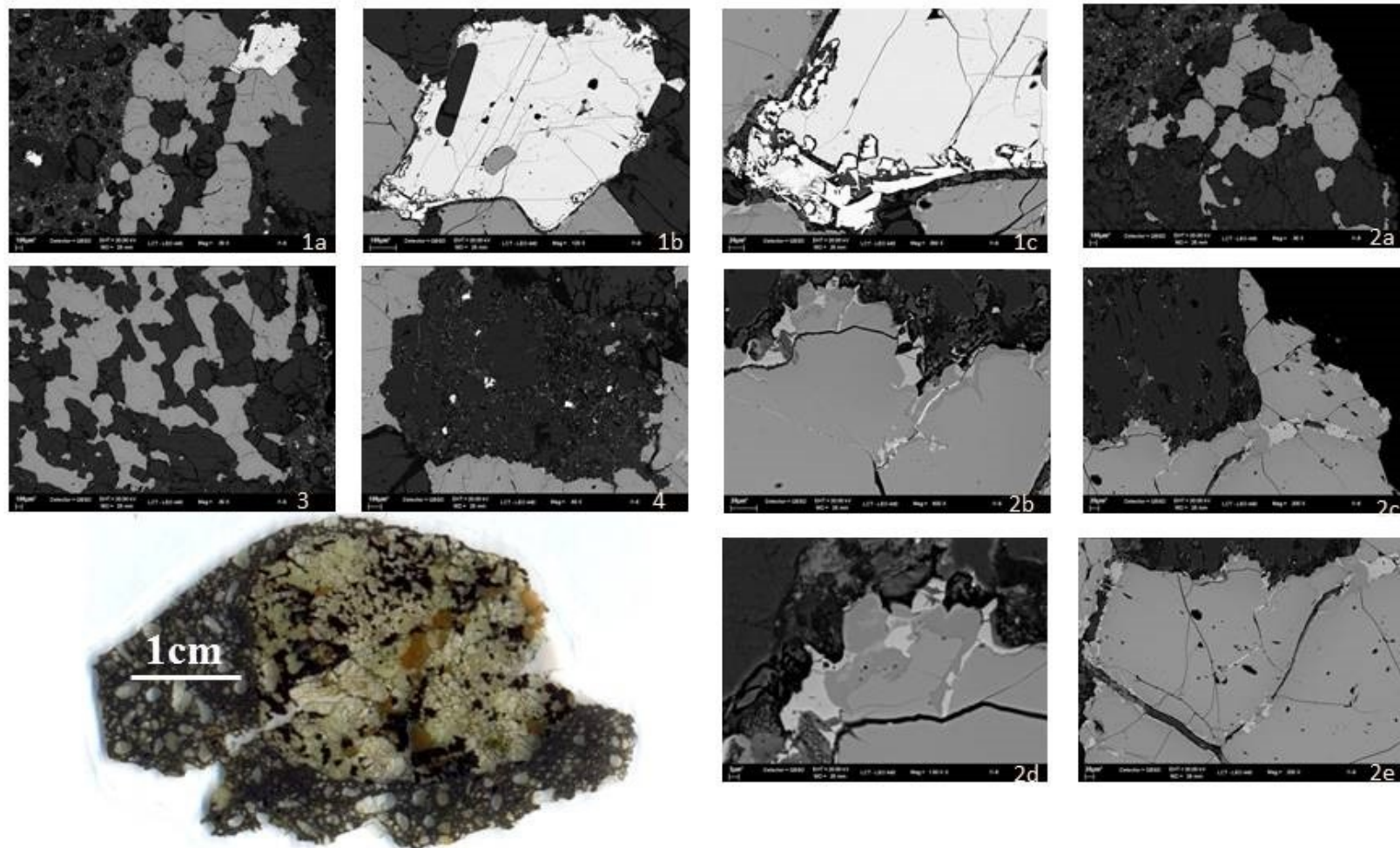


Figura 103 – Imagens de microscópio óptico e de MEV da amostra In1-6, de flogopita ilmenita wehrlito arredondado. 1a, 1b e 1c- zircão idiomórfico, com baddeleyita nas bordas associado a cristais de ilmenita da borda do xenólito; 2a, 2b, 2c, 2d e 2e- cristais de ilmenita em meio a olivina e flogopita, no contato com flogopita com ilmenita ocorrem schorlomita e perovskita nas bordas e fraturas; 3- possível textura de intercrescimento de ilmenita e olivina; 4- porção do xenólito com flogopita e minerais da matriz do kimberlito, como magnetita e carbonato.

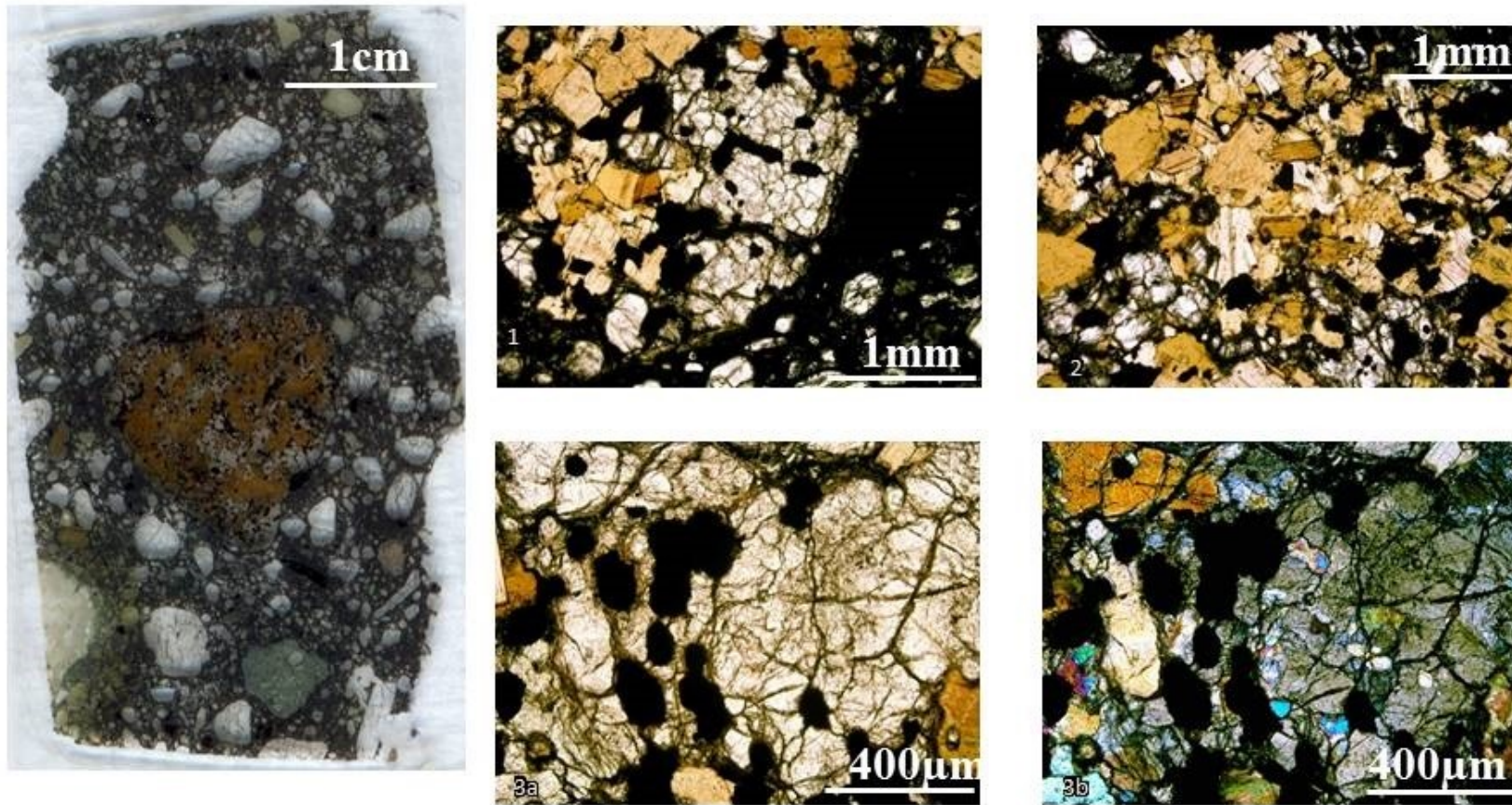


Figura 104 – Imagens de microscópio óptico da amostra In1-24b, de flogopitito em meio a matriz rica em macrocristais de olivina e fragmento de carbonato com borda alterada (verde). 1- detalhe da mineralogia e textura do flogopitito; 2- micas sem orientação preferencial em contato com ortopiroxênio e clinopiroxênio; 3a e 3b (com polarizadores cruzados)- detalhe de ilmenita arredondada incluída entre cristais de ortopiroxênio.

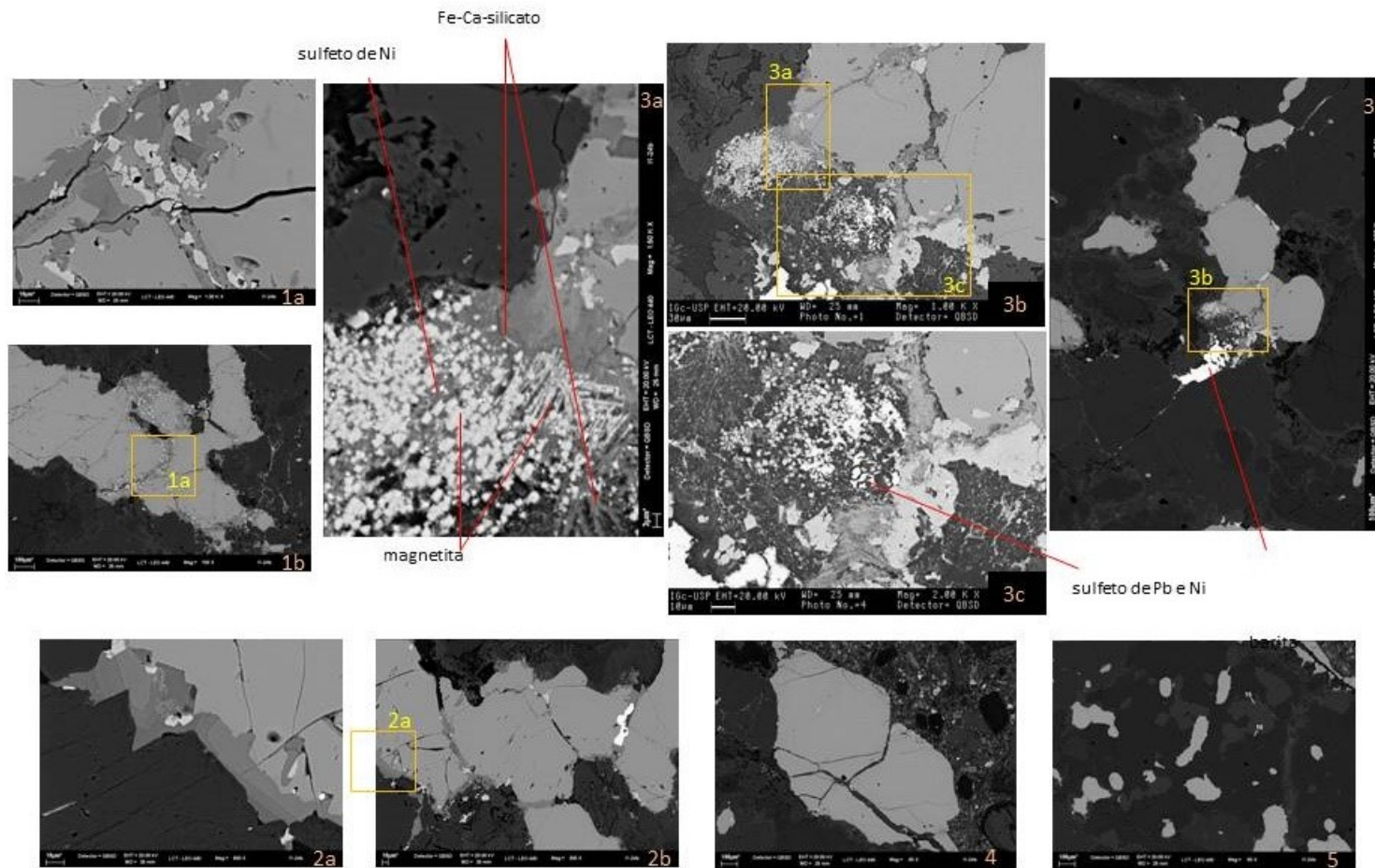


Figura 105 – Imagens de MEV da amostra In1-24b, de flogopitito com ilmenita subidiomórfica entre flogopita e ortopiroxênio. 1a e 1b- perovskita e magnetita em fratura de cristal anédrico de ilmenita em meio a cristais de clinopiroxênio e ortopiroxênio; 2a e 2b- contato entre ilmenita e flogopita marcado por schorlomita com inclusão de magnetita; 3a, 3b, 3c e 3d- textura de infiltração de carbonato e barita no xenólito micáceo com desequilíbrio químico e texturas de reação gerando perovskita, schorlomita e magnetita idiomórfica; 4- ilmenita subidiomórfica em contato com kimberlito sem reação química importante; 5- ilmenita arredondada em meio a flogopita e ortopiroxênio.

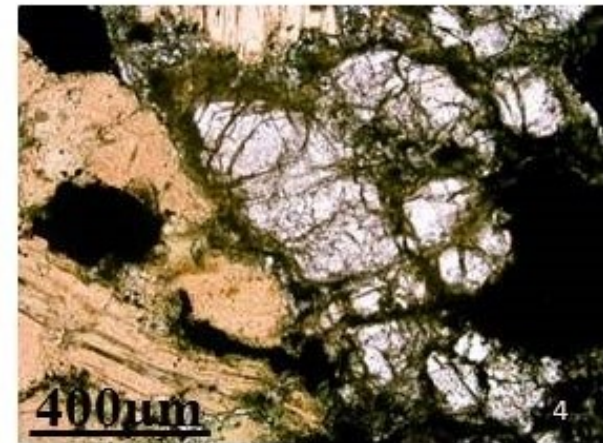
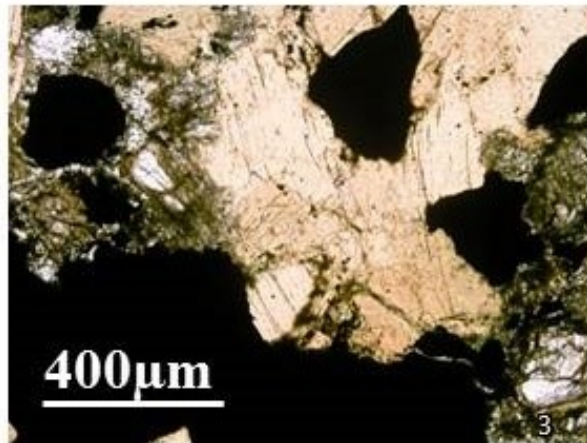
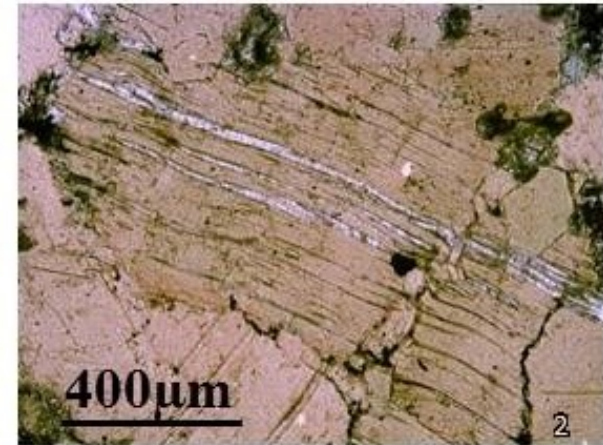
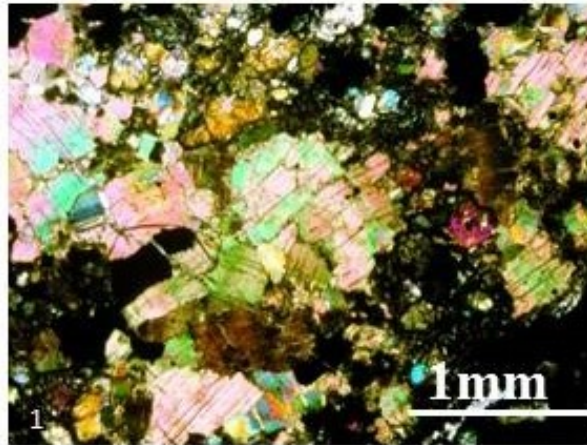


Figura 106 – Imagens de microscópio óptico da amostra In1-31, de flogopita ortipiroxenito de forma ovalada com ilmenita e ortipiroxênio. 1- porção da flogopitito com polarizadores cruzados; 2- flogopita com barita entre as placas; 3 e 4- relação de contato entre flogopita, óxidos e clinopiroxênio.

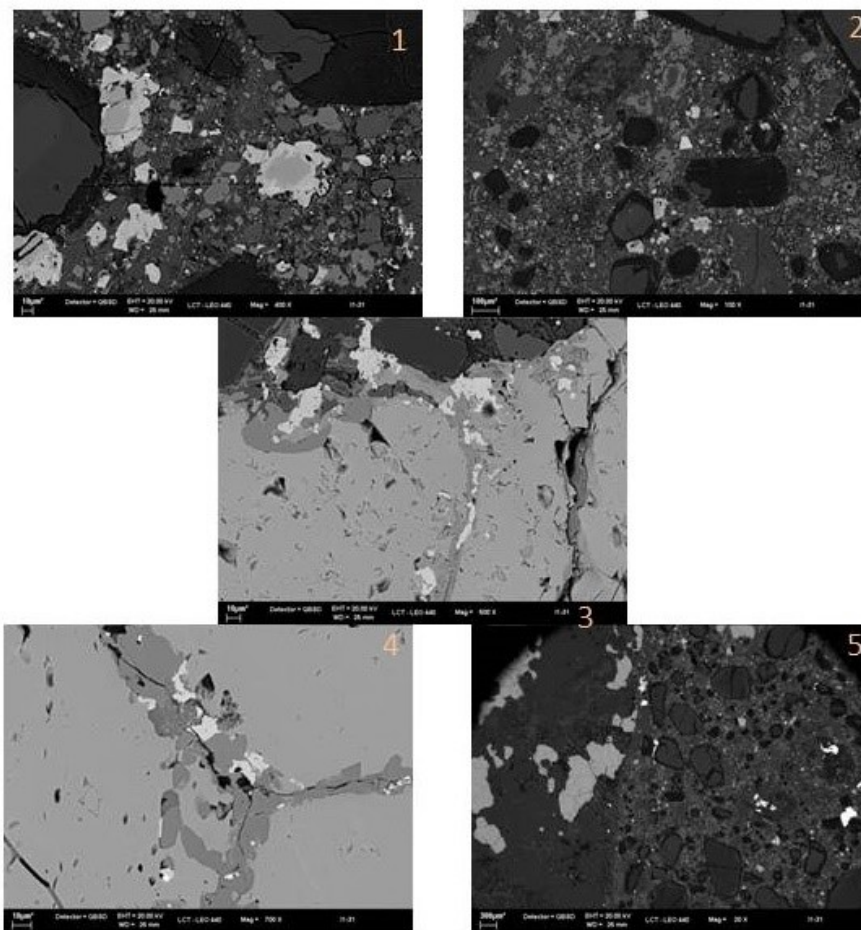


Figura 107 – Imagens de microscópio óptico e de MEV da amostra In1-31, de flogopita ortopiroxenito de forma ovalada com ilmenita e ortopiroxênio. 1- matriz do kimberlito exibindo macrocristais de ilmenita bordejados por perovskita; 2-vista da matriz mostrando macrocristais de olivina e cristais de perovskita e magnetita em meio a matriz muito fina; 3- ilmenita com fraturas e bordas substituídas por schorlomita, perovskita e magnetita; 4- contato do flogopitito com a matriz kimberlítica.

ANEXO C

Tabelas com as composições de elementos maiores de minerais de xenólitos e rochas hospedeiras, com a seguinte ordem:

Olivina

Ortopiroxênio

Clinopiroxênio

Minerais do grupo do espinélio

Anfibólio

Ilmenita

Flogopita

Titanatos

Perovskita

Monticellita

Saponita

Harmotoma

Nefelina

Tabela 19- Composição química de olivina em lherzolitos e harzburgitos com espinélio dos corpos Indaiá 1 e Limeira 1.

Código da amostra	In1-4-2	In1-4-2'	In1-9-1	In1-9-2	In1-9-3	In1-9-4	In1-13a-1	In1-13a-2	In1-13a-3	In1-14a-1	In1-14a-2	In1-14a-4	In1-14a-5	In1-14a-6	In1-14a-7	Lm1-17-12	Lm1-17-11	Lm1-17-10	Lm1-17-3
Tipo	lherzolito protogranular com espinélio		lherzolito protogranular com espinélio				lherzolito protogranular com espinélio			lherzolito protogranular com espinélio						harzburgito protogranular com espinélio			
SiO ₂	40,00	39,56	40,89	40,85	40,94	40,61	40,59	41,59	41,25	40,34	40,48	40,88	40,84	40,79	40,61	40,74	40,88	40,96	40,71
TiO ₂	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	0,00	0,01	0,05	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01
Al ₂ O ₃	0,09	0,07	0,03	0,01	0,02	0,03	0,00	0,00	0,01	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07
FeO	9,62	9,13	8,79	8,55	9,01	8,78	7,63	8,04	8,65	8,28	8,53	8,96	8,70	8,76	8,51	8,74	9,28	8,96	9,24
MnO	0,10	0,13	0,14	0,13	0,08	0,11	0,08	0,12	0,05	0,14	0,15	0,16	0,12	0,12	0,11	0,22	0,12	0,20	0,19
MgO	49,42	49,51	51,57	51,82	51,64	51,98	50,21	51,20	51,04	51,02	51,08	51,56	51,23	51,18	51,88	50,26	50,14	50,68	50,65
CaO	0,01	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,03	0,01	0,02	0,03	0,03	0,00	0,00	0,01	0,02	0,00	0,01	0,04	0,00
Na ₂ O	0,10	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,03	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,04	0,04
K ₂ O	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
Cr ₂ O ₃	0,02	0,01	0,00	0,01	0,01	0,00	0,01	0,00	0,02	0,01	0,01	0,01	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,05	0,01
NiO	0,41	0,39	0,38	0,41	0,40	0,40	0,39	0,42	0,44	0,43	0,38	0,42	0,36	0,43	0,40	0,34	0,41	0,47	0,36
Total	99,78	98,83	101,80	101,79	102,11	101,92	98,96	101,37	101,47	100,29	100,78	101,98	101,25	101,36	101,53	100,34	100,84	101,41	101,27
TSi	0,980	0,977	0,977	0,975	0,976	0,968	0,996	0,997	0,990	0,977	0,976	0,981	0,980	0,971	0,990	0,990	0,985	0,980	0,980
TFe ³⁺	0,020	0,023	0,023	0,025	0,024	0,032	0,004	0,003	0,010	0,023	0,023	0,024	0,019	0,020	0,029	0,010	0,010	0,015	0,020
TAl	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Ttotal	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
M1Fe ³⁺	0,022	0,021	0,022	0,025	0,024	0,032	0,004	0,003	0,009	0,024	0,021	0,024	0,019	0,018	0,029	0,012	0,010	0,016	0,019
M1Al	0,002	0,002	0,001	0,000	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002
M1Mg	1,805	1,822	1,837	1,843	1,835	1,846	1,837	1,831	1,826	1,842	1,837	1,834	1,835	1,832	1,849	1,820	1,811	1,817	1,819
M1Fe ²⁺	0,155	0,144	0,130	0,120	0,131	0,111	0,148	0,156	0,154	0,121	0,128	0,130	0,137	0,138	0,112	0,155	0,169	0,150	0,148
M1K	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
M1Ni	0,008	0,008	0,007	0,008	0,008	0,008	0,008	0,008	0,008	0,008	0,007	0,008	0,007	0,008	0,008	0,007	0,008	0,009	0,007
M1Cr	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000
M1Mn	0,002	0,003	0,003	0,003	0,002	0,002	0,002	0,002	0,001	0,003	0,003	0,003	0,002	0,002	0,002	0,005	0,002	0,004	0,004
M1Ti	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
M1Ca	0,002	0,002	0,001	0,000	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002
M1Total	1,997	2,002	2,001	1,999	2,000	2,001	1,999	2,000	2,000	1,999	1,999	2,000	2,000	2,000	2,000	1,998	2,000	1,997	2,000
mg#	0,902	0,906	0,913	0,915	0,911	0,913	0,921	0,919	0,913	0,917	0,914	0,911	0,913	0,912	0,916	0,911	0,906	0,910	0,907
Fa	0,098	0,094	0,087	0,085	0,089	0,087	0,079	0,081	0,087	0,083	0,086	0,089	0,087	0,088	0,084	0,089	0,094	0,090	0,093

Tabela 20- Composição química de olivina em lherzolitos e harzburgitos com espinélio dos corpos Indaiá 1 e Limeira 1.

Código da amostra	Fo-2-4	Fo-2-7d	Fo-2-7e	Fo-2-29	Fo-2-38	Fo-2-21	Fo-1-19a	Fo-1-19b	Fo-1-19c	Fo-1-25	Fo-1-26	Fo-6-11	Fo-6-9	Fo-6-12	Fo-6-25	Fo-6-10	Fo-6-1
	espinélio lherzolito granoblástico						harzburgito protogranular com espinélio			harzburgito borda de reação carbonato	harzburgito granoblástico com espinélio						
Tipo																	
SiO ₂	40,80	40,43	39,82	41,56	40,95	40,87	40,43	41,45	39,23	40,13	40,50	40,22	39,48	40,50	40,48	40,74	40,43
TiO ₂	0,04	0,07	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,03	0,03	0,00	0,02
Al ₂ O ₃	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,05	0,00	0,01	0,00	0,03	0,00	0,03	0,07	0,10	0,07	0,00
FeO	9,33	8,59	13,41	9,15	9,00	8,79	8,51	8,23	11,02	8,03	8,44	7,63	7,83	7,48	8,04	7,81	10,44
MnO	0,16	0,12	0,17	0,19	0,11	0,11	0,20	0,12	0,19	0,17	0,16	0,04	0,06	0,02	0,16	0,20	0,17
MgO	50,62	50,30	47,70	50,55	50,26	50,05	50,77	51,25	48,51	51,39	50,89	50,85	50,80	51,46	51,46	50,82	49,55
CaO	0,06	0,05	0,10	0,02	0,01	0,03	0,01	0,01	0,01	0,04	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,04
Na ₂ O	0,03	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,04	0,07	0,07	0,09	0,00	0,14	0,30	0,18	0,03	0,11	0,11
K ₂ O	0,00	0,02	0,03	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,04	0,00	0,02	0,01	0,00	0,00	0,01
Cr ₂ O ₃	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,05	0,01	0,00	0,00	0,00
NiO	0,44	0,38	0,25	0,48	0,43	0,38	0,46	0,43	0,43	0,39	0,36	0,32	0,44	0,40	0,41	0,34	0,29
Total	101,49	99,95	101,52	101,97	100,77	100,24	100,56	101,56	99,48	100,28	100,41	99,24	99,02	100,20	100,71	100,08	101,06
TSi	0,981	0,985	0,974	0,996	0,992	0,995	0,978	0,992	0,969	0,970	0,980	0,981	0,964	0,977	0,975	0,988	0,981
TFe ³⁺	0,019	0,015	0,026	0,004	0,008	0,005	0,022	0,008	0,031	0,030	0,020	0,019	0,036	0,023	0,025	0,012	0,019
TAI	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Ttotal	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
M1Fe ³⁺	0,018	0,013	0,029	0,003	0,008	0,006	0,019	0,011	0,034	0,033	0,020	0,024	0,048	0,029	0,022	0,016	0,024
M1Al	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,001	0,002	0,003	0,002	0,000
M1Mg	1,815	1,827	1,739	1,806	1,815	1,816	1,831	1,829	1,787	1,851	1,837	1,849	1,849	1,851	1,848	1,836	1,792
M1Fe ²⁺	0,151	0,147	0,219	0,176	0,166	0,168	0,131	0,146	0,163	0,099	0,131	0,113	0,076	0,100	0,114	0,130	0,169
M1K	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000
M1Ni	0,009	0,007	0,005	0,009	0,008	0,007	0,009	0,008	0,009	0,008	0,007	0,006	0,009	0,008	0,008	0,007	0,006
M1Cr	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000
M1Mn	0,003	0,002	0,004	0,004	0,002	0,002	0,004	0,002	0,004	0,003	0,003	0,001	0,001	0,000	0,003	0,004	0,003
M1Ti	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000
M1Ca	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,001	0,002	0,003	0,002	0,000
M1Total	1,998	1,999	1,996	2,000	2,000	1,999	1,999	1,997	1,996	1,995	2,001	1,993	1,987	1,992	2,001	1,997	1,994
mg#	0,906	0,913	0,864	0,908	0,909	0,910	0,914	0,917	0,887	0,919	0,915	0,922	0,920	0,925	0,919	0,921	0,894
fã	0,094	0,087	0,136	0,092	0,091	0,090	0,086	0,083	0,113	0,081	0,085	0,078	0,080	0,075	0,081	0,079	0,106

Tabela 21- Composição química de olivina em harzburgitos e dunitos com Cr-espinélio dos corpos Indaiá 1 e Limeira 1.

Código da amostra	In1-3-2	In1-3-3	In1-3-4	In1-3-5	In1-3-6	In1-14c-1a	In1-14c-3	In1-14c-4	In1-14c-5	In1-14c-8	In1-14c-9	Lm1-20a-5	Lm1-20a-7	Lm1-20a-4	Lm1-20a-3	Lm1-20a-2	Lm1-20a-1	Lm1-20-1	Lm1-20-5'	Lm1-20-11
tipo	harzburgito granoblástico com Cr-espinélio					dunito com Cr-espinélio						harzburgito com Cr-espinélio								
SiO ₂	40,51	41,25	41,05	40,16	40,27	41,09	41,66	41,53	41,60	41,29	41,49	40,63	40,52	40,71	40,96	40,88	40,85	40,64	41,67	41,46
TiO ₂	0,04	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Al ₂ O ₃	0,03	0,00	0,01	0,00	0,00	0,02	0,03	0,01	0,09	0,02	0,01	0,03	0,06	0,00	0,00	0,03	0,02	0,03	0,01	0,00
FeO	7,49	8,00	7,74	7,16	7,23	8,92	8,34	8,39	8,05	8,41	8,65	8,24	8,11	8,06	8,40	8,27	8,39	7,84	8,57	8,46
MnO	0,11	0,05	0,14	0,11	0,09	0,15	0,09	0,14	0,19	0,12	0,12	0,08	0,08	0,10	0,04	0,12	0,08	0,13	0,03	0,16
MgO	50,13	51,59	51,19	50,29	50,87	51,13	51,12	50,84	50,97	50,34	50,35	50,24	50,22	50,30	50,23	50,52	50,70	50,91	51,06	50,94
CaO	0,00	0,01	0,00	0,03	0,02	0,01	0,01	0,02	0,00	0,02	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,01
Na ₂ O	0,00	0,00	0,02	0,01	0,02	0,06	0,04	0,00	0,03	0,11	0,07	0,00	0,02	0,05	0,05	0,00	0,00	0,03	0,01	0,02
K ₂ O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,02	0,00	0,03	0,01	0,02	0,00	0,04	0,01	0,01	0,00	0,01	0,02	0,00
Cr ₂ O ₃	0,00	0,02	0,03	0,00	0,00	0,05	0,03	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,00	0,02	0,06	0,07	0,00
NiO	0,39	0,44	0,46	0,37	0,36	0,40	0,31	0,46	0,41	0,43	0,38	0,49	0,46	0,36	0,42	0,41	0,48	0,25	0,43	0,39
Total	98,69	101,44	100,63	98,12	98,86	101,86	101,63	101,42	101,34	100,78	101,13	99,74	99,47	99,61	100,17	100,25	100,55	99,92	101,93	101,44
TSi	0,996	0,987	0,990	0,991	0,986	0,983	0,997	0,998	0,999	0,998	1,001	0,991	0,991	0,993	0,996	0,992	0,989	0,987	0,996	0,995
TFe ³⁺	0,004	0,013	0,010	0,009	0,014	0,017	0,003	0,002	0,001	0,002	0,000	0,009	0,009	0,007	0,004	0,008	0,011	0,013	0,004	0,005
TAl	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Ttotal	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,001	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
M1Fe ³⁺	0,002	0,009	0,010	0,009	0,015	0,018	0,003	0,002	0,000	0,007	0,001	0,008	0,009	0,010	0,005	0,007	0,010	0,013	0,002	0,005
M1Al	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000	0,002	0,001	0,000	0,001	0,002	0,000	0,000	0,001	0,000	0,001	0,000	0,000
M1Mg	1,838	1,841	1,841	1,850	1,856	1,823	1,824	1,821	1,824	1,814	1,810	1,828	1,830	1,830	1,821	1,828	1,830	1,843	1,820	1,823
M1Fe ²⁺	0,149	0,139	0,137	0,130	0,119	0,143	0,161	0,164	0,160	0,161	0,173	0,151	0,148	0,147	0,162	0,153	0,148	0,133	0,165	0,160
M1K	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,001	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000
M1Ni	0,008	0,008	0,009	0,007	0,007	0,008	0,006	0,009	0,008	0,008	0,007	0,010	0,009	0,007	0,008	0,008	0,009	0,005	0,008	0,008
M1Cr	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000
M1Mn	0,002	0,001	0,003	0,002	0,002	0,003	0,002	0,003	0,004	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,001	0,002	0,002	0,003	0,001	0,003
M1Ti	0,001	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
M1Ca	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000	0,002	0,001	0,000	0,001	0,002	0,000	0,000	0,001	0,000	0,001	0,000	0,000
M1Total	2,001	2,000	1,999	1,999	1,999	1,998	1,998	2,000	2,001	1,995	1,996	2,001	2,001	1,997	1,998	2,001	2,000	1,999	1,998	1,999
mg#	0,923	0,920	0,922	0,926	0,926	0,911	0,916	0,915	0,919	0,914	0,912	0,916	0,917	0,917	0,914	0,916	0,915	0,920	0,914	0,915
fa	0,077	0,080	0,078	0,074	0,074	0,089	0,084	0,085	0,081	0,086	0,088	0,084	0,083	0,083	0,086	0,084	0,085	0,080	0,086	0,085

Tabela 22- Composição química de olivina em harzburgitos e dunitos com Cr-espínélio dos corpos Indaiá 1 e Limeira 1.

Código da amostra	Lm1-20-9	Lm1-20-14	Lm1-20-20	Lm1-20-21	Lm1-30-12	Lm1-30-13	Lm1-30-15	Lm1-36-15	Lm1-36-18	Lm1-36-12	Lm1-36-9	Lm1-36-8	In1-24a-1	In1-24a-2	In1-24a-3	In1-24a-4	In1-24a-5	In1-24a-6	In1-50-12	In1-50-10
tipo	harzburgito granoblástico com Cr-espínélio				harzburgito granoblástico com Cr-espínélio		harzburgito granoblástico com Cr-espínélio						dunito granoblástico com Cr-espínélio e pargasita						harzburgito com Cr-espínélio e pargasita	
SiO ₂	41,13	41,25	41,71	40,98	40,98	41,42	41,42	41,53	41,47	41,17	41,33	41,55	40,59	40,65	40,27	40,73	40,91	41,07	40,77	40,40
TiO ₂	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,03	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,04	0,00	0,00	0,06	0,02	0,00
Al ₂ O ₃	0,03	0,00	0,03	0,04	0,00	0,18	0,17	0,00	0,03	0,04	0,00	0,02	0,00	0,02	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00
FeO	8,32	8,23	8,21	8,45	8,36	8,51	8,21	7,62	7,13	7,26	7,27	7,36	7,45	7,58	8,02	7,99	7,95	8,17	7,74	7,92
MnO	0,16	0,04	0,12	0,12	0,15	0,19	0,07	0,17	0,09	0,08	0,01	0,12	0,13	0,09	0,11	0,08	0,10	0,10	0,10	0,15
MgO	50,82	50,58	50,87	50,87	51,19	51,09	51,32	51,15	51,49	51,03	51,17	51,59	51,88	51,91	52,30	51,84	51,46	52,10	51,69	51,89
CaO	0,00	0,00	0,07	0,05	0,00	0,00	0,01	0,02	0,00	0,07	0,01	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,02	0,01
Na ₂ O	0,02	0,01	0,00	0,02	0,13	0,17	0,07	0,00	0,00	0,04	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,02
K ₂ O	0,00	0,00	0,01	0,00	0,06	0,02	0,02	0,02	0,04	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02
Cr ₂ O ₃	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,02	0,00	0,00	0,03	0,02	0,00	0,09	0,01	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00
NiO	0,27	0,37	0,42	0,43	0,33	0,41	0,32	0,42	0,44	0,51	0,43	0,44	0,47	0,42	0,40	0,42	0,41	0,42	0,42	0,34
Total	100,75	100,49	101,44	100,97	101,20	102,01	101,63	100,94	100,75	100,29	100,23	101,20	100,56	100,67	101,15	101,08	100,83	101,96	100,78	100,75
TSi	0,993	0,999	1,001	0,988	0,983	0,988	0,990	0,999	0,997	0,995	0,999	0,996	0,977	0,977	0,963	0,976	0,984	0,977	0,980	0,971
TFe ³⁺	0,007	0,001	0,000	0,012	0,017	0,012	0,010	0,001	0,003	0,005	0,001	0,004	0,023	0,023	0,037	0,024	0,016	0,023	0,020	0,029
TAl	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
T Total	1,000	1,000	1,001	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
M1Fe ³⁺	0,007	0,001	0,000	0,012	0,024	0,014	0,009	0,001	0,001	0,007	0,000	0,002	0,023	0,023	0,035	0,024	0,016	0,021	0,018	0,031
M1Al	0,001	0,000	0,001	0,001	0,000	0,005	0,005	0,000	0,001	0,001	0,000	0,001	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
M1Mg	1,829	1,826	1,820	1,828	1,831	1,817	1,829	1,835	1,846	1,839	1,844	1,843	1,861	1,860	1,865	1,853	1,846	1,848	1,853	1,859
M1Fe ²⁺	0,153	0,164	0,165	0,146	0,127	0,143	0,145	0,151	0,139	0,135	0,146	0,141	0,104	0,107	0,088	0,113	0,129	0,119	0,118	0,099
M1K	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,001	0,001	0,001	0,001	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001
M1Ni	0,005	0,007	0,008	0,008	0,006	0,008	0,006	0,008	0,008	0,010	0,008	0,008	0,009	0,008	0,008	0,008	0,008	0,008	0,008	0,007
M1Cr	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
M1Mn	0,003	0,001	0,002	0,003	0,003	0,004	0,001	0,003	0,002	0,002	0,000	0,002	0,003	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,003
M1Ti	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000
M1Ca	0,001	0,000	0,001	0,001	0,000	0,005	0,005	0,000	0,001	0,001	0,000	0,001	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
M1Total	2,000	2,000	1,998	1,999	1,994	1,997	2,001	2,000	2,001	1,998	2,000	1,999	1,999	2,001	2,000	2,000	2,000	1,999	2,000	1,999
mg#	0,916	0,916	0,917	0,915	0,916	0,915	0,918	0,923	0,928	0,926	0,926	0,926	0,925	0,924	0,921	0,920	0,920	0,919	0,922	0,921
fa	0,084	0,084	0,083	0,085	0,084	0,085	0,082	0,077	0,072	0,074	0,074	0,074	0,075	0,076	0,079	0,080	0,080	0,081	0,078	0,079

Tabela 23- Composição química de olivina em dunitos sem espinélio dos corpos Indaiá 1 e Limeira 1.

Código da amostra	Lm1-14-11	Lm1-14-5	Lm1-14-2	Lm1-14-6	Lm1-29-2	Lm1-29-4	Lm1-29-3a	Lm1-29-5	Lm1-29-6	Lm1-29-9	Lm1-29-7	Lm1-32-1	Lm1-32-2a	Lm1-32-2b	Lm1-32-2d	Lm1-32-3	Lm1-32-3b
tipo	borda de dunito	dunito porfiroclástico				dunito porfiroclástico						dunito porfiroclástico		cristais em mosaico em dunito		dunito porfiroclástico	
SiO ₂	40,96	38,95	39,22	40,52	39,59	40,02	40,30	39,92	40,32	40,28	40,29	39,36	39,75	40,40	40,27	41,35	40,10
TiO ₂	0,04	0,00	0,01	0,00	0,01	0,01	0,07	0,03	0,03	0,03	0,01	0,00	0,03	0,00	0,05	0,00	0,00
Al ₂ O ₃	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,01	0,00	0,00	0,00	0,11	0,03	0,03	0,08	0,00	0,00	0,01
FeO	7,95	7,72	7,93	8,01	12,40	12,25	12,07	12,12	12,24	11,92	12,80	10,73	10,85	11,16	11,03	7,30	10,71
MnO	0,14	0,14	0,09	0,10	0,12	0,11	0,14	0,16	0,11	0,13	0,18	0,08	0,04	0,15	0,09	0,13	0,22
MgO	50,54	50,52	50,94	51,20	45,57	47,69	47,15	47,42	47,55	47,52	47,55	48,83	48,88	48,63	48,69	51,29	49,91
CaO	0,03	0,05	0,05	0,09	0,10	0,07	0,10	0,04	0,05	0,13	0,22	0,11	0,03	0,15	0,12	0,01	0,07
Na ₂ O	0,29	0,20	0,06	0,09	0,00	0,02	0,11	0,00	0,02	0,18	0,11	0,05	0,04	0,05	0,13	0,01	0,07
K ₂ O	0,01	0,00	0,00	0,01	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,01	0,05	0,01	0,00	0,03	0,00	0,00
Cr ₂ O ₃	0,04	0,03	0,04	0,05	0,04	0,00	0,03	0,14	0,07	0,04	0,06	0,06	0,12	0,11	0,04	0,00	0,00
NiO	0,51	0,40	0,54	0,57	0,27	0,46	0,46	0,45	0,35	0,43	0,55	0,44	0,35	0,42	0,46	0,51	0,33
Total	100,54	98,02	98,89	100,64	98,15	100,74	100,44	100,28	100,74	100,68	101,88	99,73	100,11	101,14	100,91	100,61	101,41
TSi	0,990	0,961	0,961	0,977	1,003	0,984	0,995	0,987	0,992	0,990	0,982	0,969	0,976	0,985	0,982	0,997	0,969
TFe ³⁺	0,010	0,039	0,039	0,023	0,000	0,016	0,005	0,013	0,008	0,010	0,018	0,031	0,024	0,015	0,018	0,003	0,031
TAl	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Ttotal	1,000	1,000	1,000	1,000	1,003	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
M1Fe ³⁺	0,021	0,048	0,041	0,026	0,000	0,014	0,007	0,008	0,006	0,017	0,019	0,032	0,021	0,012	0,022	0,004	0,034
M1Al	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,003	0,000	0,000	0,000	0,000	0,003	0,001	0,001	0,002	0,000	0,000	0,000
M1Mg	1,820	1,858	1,860	1,841	1,721	1,747	1,735	1,747	1,743	1,741	1,728	1,792	1,788	1,767	1,770	1,843	1,798
M1Fe ²⁺	0,129	0,072	0,082	0,113	0,263	0,222	0,237	0,229	0,238	0,218	0,224	0,158	0,177	0,200	0,185	0,140	0,152
M1K	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,002	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000
M1Ni	0,010	0,008	0,011	0,011	0,005	0,009	0,009	0,009	0,007	0,008	0,011	0,009	0,007	0,008	0,009	0,010	0,006
M1Cr	0,001	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000	0,000	0,002	0,001	0,001	0,001	0,001	0,002	0,001	0,000	0,000	0,000
M1Mn	0,003	0,003	0,002	0,002	0,003	0,002	0,003	0,003	0,002	0,003	0,004	0,002	0,001	0,003	0,002	0,003	0,004
M1Ti	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000
M1Ca	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,003	0,000	0,000	0,000	0,000	0,003	0,001	0,001	0,002	0,000	0,000	0,000
M1Total	1,986	1,989	1,996	1,993	1,994	2,000	1,993	1,999	1,998	1,988	1,992	1,996	1,998	1,996	1,991	1,999	1,995
mg#	0,919	0,921	0,920	0,919	0,868	0,874	0,874	0,875	0,874	0,877	0,869	0,890	0,889	0,886	0,887	0,926	0,893
fa	0,081	0,079	0,080	0,081	0,132	0,126	0,126	0,125	0,126	0,123	0,131	0,110	0,111	0,114	0,113	0,074	0,107

Tabela 24- Composição química de olivina em dunitos e harzburgitos sem espinélio dos corpos Indaiá 1 e Limeira 1.

Código	In1-25a-6a	In1-25a-2	In1-25a-3	In1-25a-6	In1-25a-8	In1-25a-10	In1-25a-11a	In1-25a-4	In1-33-6	In1-33-8a	In1-33-7	In1-33-5	In1-33-4	In1-33-11d	In1-33-11e
	cristais em mosaico em dunito porfiroclástico	dunito porfiroclástico		cristais em mosaico dunito porfiroclástico	dunito porfiroclástico	cristais em mosaico dunito porfiroclástico		dunito porfiroclástico com mosaico	harzburgito porfiroclástico com mosaico						centro de porfiroclastos
tipo															
SiO ₂	40,38	40,43	40,90	40,99	40,25	39,88	40,41	41,08	40,25	40,77	40,29	39,73	39,75	40,50	41,72
TiO ₂	0,00	0,02	0,00	0,01	0,06	0,05	0,00	0,05	0,06	0,00	0,03	0,04	0,00	0,08	0,00
Al ₂ O ₃	0,03	0,02	0,04	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,02	0,02	0,04	0,04	0,03	0,02	0,06
FeO	11,88	11,14	11,61	11,56	11,39	11,47	11,69	11,74	11,29	11,28	11,22	11,47	11,13	12,54	7,52
MnO	0,18	0,13	0,11	0,19	0,16	0,09	0,16	0,16	0,19	0,15	0,14	0,11	0,14	0,21	0,12
MgO	47,96	47,89	48,33	48,22	48,04	47,98	48,51	48,39	48,44	47,80	47,90	48,11	47,74	47,69	51,26
CaO	0,11	0,12	0,08	0,11	0,07	0,10	0,17	0,13	0,16	0,15	0,09	0,16	0,14	0,11	0,01
Na ₂ O	0,00	0,05	0,02	0,07	0,00	0,03	0,00	0,01	0,01	0,02	0,04	0,03	0,04	0,05	0,04
K ₂ O	0,02	0,04	0,01	0,03	0,03	0,01	0,04	0,02	0,05	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00
Cr ₂ O ₃	0,06	0,07	0,09	0,01	0,15	0,10	0,11	0,06	0,07	0,05	0,07	0,08	0,09	0,03	0,00
NiO	0,44	0,41	0,40	0,43	0,49	0,44	0,50	0,35	0,35	0,37	0,44	0,43	0,34	0,19	0,36
Total	101,06	100,31	101,57	101,63	100,64	100,16	101,58	101,99	100,89	100,62	100,27	100,20	99,40	101,42	101,09
TSi	0,989	0,995	0,995	0,997	0,988	0,983	0,983	0,996	0,984	1,001	0,992	0,978	0,986	0,990	1,001
TFe ³⁺	0,011	0,005	0,005	0,003	0,012	0,017	0,017	0,004	0,016	0,000	0,008	0,022	0,014	0,010	0,000
TAl	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Ttotal	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,001	1,000	1,000	1,000	1,000	1,001
M1Fe ³⁺	0,009	0,005	0,002	0,007	0,005	0,013	0,015	0,001	0,013	0,000	0,006	0,018	0,012	0,008	0,000
M1Al	0,001	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,002
M1Mg	1,750	1,757	1,753	1,748	1,759	1,763	1,759	1,749	1,765	1,750	1,758	1,766	1,766	1,738	1,835
M1Fe ²⁺	0,223	0,219	0,230	0,225	0,217	0,206	0,206	0,233	0,202	0,232	0,218	0,197	0,205	0,238	0,151
M1K	0,001	0,001	0,000	0,001	0,001	0,000	0,001	0,001	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
M1Ni	0,009	0,008	0,008	0,008	0,010	0,009	0,010	0,007	0,007	0,007	0,009	0,008	0,007	0,004	0,007
M1Cr	0,001	0,001	0,001	0,000	0,002	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000	0,000
M1Mn	0,004	0,003	0,002	0,004	0,003	0,002	0,003	0,003	0,004	0,003	0,003	0,002	0,003	0,004	0,002
M1Ti	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000	0,001	0,001	0,000	0,001	0,001	0,000	0,001	0,000
M1Ca	0,001	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,002
M1Total	1,998	1,995	1,998	1,994	1,998	1,996	1,996	1,996	1,996	1,994	1,997	1,995	1,995	1,995	1,998
mg#	0,878	0,885	0,881	0,881	0,883	0,882	0,881	0,880	0,884	0,883	0,884	0,882	0,884	0,871	0,924
fa	0,122	0,115	0,119	0,119	0,117	0,118	0,119	0,120	0,116	0,117	0,116	0,118	0,116	0,129	0,076

Tabela 24- Composição química de olivina em harzburgitos e dunitos com flogopita dos corpos Indaiá 1 e Limeira 1.

Código da amostra	In1-1-1*	In1-1-2*	In1-1-3*	In1-1-4*	In1-1-5	In1-1-6	In1-1-7	In1-2-1	In1-2-2	Lm1-1-1	Lm1-1-1c	Lm1-1-1d	Lm1-1-1f	Lm1-15-18	Lm1-15-20	Lm1-15-9'	Lm1-15-17	Lm1-15-11	Lm1-15-8
tipo	harzburgito porfiroclástico alterado				harzburgito porfiroclástico sem alteração			flogopita dunito		harzburgito com bolsões de flogopita e titanato				harzburgito com bolsões de flogopita					
SiO ₂	40,45	39,87	39,95	39,68	40,44	41,40	40,82	39,95	40,31	40,12	41,16	40,09	40,41	40,67	40,66	40,51	40,74	40,44	40,97
TiO ₂	0,04	0,05	0,06	0,05	0,00	0,01	0,05	0,04	0,00	0,00	0,00	0,05	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,03	0,00
Al ₂ O ₃	0,03	0,05	0,06	0,04	0,06	0,06	0,05	0,04	0,00	0,00	0,03	0,03	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,01	0,06
FeO	10,03	11,29	11,36	10,43	8,15	8,32	8,11	10,65	11,13	11,09	11,30	11,15	11,51	7,83	8,31	7,67	8,00	8,57	8,16
MnO	0,12	0,15	0,09	0,13	0,10	0,10	0,14	0,17	0,15	0,15	0,07	0,24	0,14	0,14	0,08	0,08	0,17	0,12	0,14
MgO	49,26	48,83	49,39	49,45	51,11	50,77	50,42	49,42	49,19	48,09	48,95	48,57	48,54	51,21	51,45	51,17	51,63	51,20	51,18
CaO	0,12	0,14	0,13	0,14	0,10	0,09	0,14	0,03	0,04	0,06	0,03	0,27	0,04	0,00	0,07	0,00	0,02	0,03	0,03
Na ₂ O	0,03	0,02	0,03	0,01	0,02	0,03	0,02	0,00	0,01	0,02	0,00	0,01	0,03	0,02	0,06	0,03	0,08	0,00	0,15
K ₂ O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,03	0,08	0,01	0,02	0,02	0,01	0,05	0,00	0,00
Cr ₂ O ₃	0,10	0,07	0,09	0,11	0,15	0,15	0,10	0,02	0,02	0,02	0,00	0,04	0,07	0,08	0,04	0,05	0,00	0,00	0,00
NiO	0,42	0,43	0,41	0,38	0,42	0,41	0,42	0,41	0,34	0,40	0,41	0,31	0,34	0,30	0,37	0,30	0,36	0,49	0,40
Total	100,60	100,88	101,57	100,41	100,56	101,34	100,27	100,72	101,19	99,94	101,98	100,84	101,09	100,26	101,05	99,85	101,05	100,89	101,09
TSi	0,986	0,973	0,968	0,969	0,977	0,996	0,991	0,974	0,980	0,989	0,995	0,979	0,986	0,984	0,977	0,983	0,977	0,975	0,984
TFe ³⁺	0,014	0,027	0,032	0,031	0,023	0,003	0,009	0,026	0,020	0,011	0,005	0,021	0,014	0,016	0,023	0,017	0,023	0,025	0,016
TAl	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Ttotal	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
M1Fe ³⁺	0,010	0,022	0,027	0,025	0,017	0,000	0,004	0,024	0,020	0,011	0,005	0,020	0,013	0,015	0,026	0,017	0,027	0,024	0,021
M1Al	0,001	0,001	0,002	0,001	0,002	0,001	0,001	0,001	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,002
M1Mg	1,791	1,777	1,784	1,800	1,841	1,820	1,825	1,795	1,783	1,768	1,764	1,769	1,766	1,847	1,842	1,851	1,846	1,839	1,832
M1Fe ²⁺	0,181	0,182	0,171	0,157	0,125	0,164	0,152	0,167	0,186	0,207	0,218	0,188	0,208	0,127	0,118	0,122	0,110	0,123	0,126
M1K	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,003	0,000	0,001	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000
M1Ni	0,008	0,008	0,008	0,007	0,008	0,008	0,008	0,008	0,007	0,008	0,008	0,006	0,007	0,006	0,007	0,006	0,007	0,009	0,008
M1Cr	0,001	0,001	0,001	0,001	0,002	0,002	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000
M1Mn	0,002	0,003	0,002	0,003	0,002	0,002	0,003	0,004	0,003	0,003	0,001	0,005	0,003	0,003	0,002	0,002	0,003	0,002	0,003
M1Ti	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
M1Ca	0,001	0,001	0,002	0,001	0,002	0,002	0,001	0,001	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,002
M1Total	1,996	1,997	1,997	1,997	1,998	1,998	1,997	2,000	1,999	1,998	2,000	1,993	1,998	1,999	1,995	1,999	1,996	1,999	1,994
mg#	0,897	0,885	0,886	0,894	0,918	0,916	0,917	0,892	0,887	0,885	0,885	0,886	0,883	0,921	0,917	0,922	0,920	0,914	0,918
fa	0,103	0,115	0,114	0,106	0,082	0,084	0,083	0,108	0,113	0,115	0,115	0,114	0,117	0,079	0,083	0,078	0,080	0,086	0,082

Tabela 25- Composição química de olivina em harzburgitos e dunitos com flogopita dos corpos Indaiá 1 e Limeira 1.

Código da amostra	Lm1-15-10	Lm1-15-15	Lm1-15-14 ^a	Lm1-15-14b	Lm1-15-16	Lm1-22-1	Lm1-22-2	Lm1-22-13	Lm1-22-12	Lm1-22-11	Lm1-22-20	Lm1-26a-1	Lm1-26a-2	Lm1-26a-6	Lm1-26a-7	Lm1-26a-8	Lm1-26a-10b	
tipo	harzburgito com bolsões de flogopita					flogopita dunito com clinopiroxênio secundário						microcristal em mosaico de flogopita dunito	harzburgito com bolsões de flogopita					
SiO ₂	41,31	40,65	40,74	41,03	40,37	40,17	39,82	40,40	40,67	40,08	40,26	40,42	39,26	39,82	39,72	40,01	39,55	
TiO ₂	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,04	0,02	0,02	0,00	
Al ₂ O ₃	0,09	0,01	0,00	0,02	0,12	0,00	0,06	0,15	0,00	0,09	0,00	0,03	0,01	0,02	0,00	0,08	0,07	
FeO	7,99	8,00	8,21	5,21	8,33	10,84	9,88	10,97	11,50	11,90	11,12	12,96	13,10	12,90	12,84	13,31	13,08	
MnO	0,12	0,07	0,13	0,28	0,16	0,16	0,20	0,10	0,18	0,21	0,11	0,11	0,12	0,16	0,13	0,16	0,12	
MgO	51,32	50,61	50,99	52,00	51,16	48,54	48,79	48,44	48,16	47,66	47,73	46,84	46,38	46,52	46,70	47,18	47,01	
CaO	0,00	0,01	0,05	0,28	0,00	0,02	0,00	0,01	0,07	0,01	0,06	0,00	0,01	0,07	0,03	0,02	0,01	
Na ₂ O	0,29	0,18	0,15	0,15	0,15	0,13	0,09	0,00	0,00	0,04	0,05	0,09	0,05	0,11	0,31	0,20	0,04	
K ₂ O	0,14	0,01	0,07	0,04	0,01	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	
Cr ₂ O ₃	0,00	0,03	0,09	0,06	0,00	0,03	0,00	0,07	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,11	0,00	0,02	0,05	
NiO	0,28	0,38	0,36	0,17	0,51	0,37	0,26	0,38	0,37	0,42	0,37	0,14	0,41	0,34	0,32	0,40	0,32	
Total	101,55	99,96	100,79	99,23	100,88	100,27	99,09	100,58	100,96	100,40	99,77	100,64	99,33	100,08	100,08	101,39	100,27	
TSi	0,986	0,987	0,982	0,993	0,972	0,985	0,984	0,990	0,995	0,987	0,996	0,998	0,982	0,989	0,984	0,980	0,979	
TFe ³⁺	0,014	0,013	0,018	0,007	0,028	0,015	0,016	0,010	0,005	0,013	0,004	0,002	0,018	0,011	0,016	0,020	0,021	
TAl	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
Ttotal	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	
M1Fe ³⁺	0,029	0,021	0,024	0,013	0,030	0,020	0,018	0,004	0,005	0,012	0,006	0,005	0,020	0,011	0,030	0,026	0,019	
M1Al	0,003	0,000	0,000	0,000	0,003	0,000	0,002	0,004	0,000	0,003	0,000	0,001	0,000	0,001	0,000	0,002	0,002	
M1Mg	1,826	1,832	1,832	1,876	1,836	1,775	1,797	1,769	1,757	1,750	1,759	1,724	1,730	1,723	1,725	1,723	1,735	
M1Fe ²⁺	0,116	0,129	0,123	0,086	0,110	0,187	0,169	0,210	0,225	0,220	0,220	0,261	0,236	0,246	0,220	0,227	0,231	
M1K	0,004	0,000	0,002	0,001	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	
M1Ni	0,005	0,007	0,007	0,003	0,010	0,007	0,005	0,007	0,007	0,008	0,007	0,003	0,008	0,007	0,006	0,008	0,006	
M1Cr	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,001	
M1Mn	0,002	0,002	0,003	0,006	0,003	0,003	0,004	0,002	0,004	0,004	0,002	0,002	0,003	0,003	0,003	0,003	0,002	
M1Ti	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	
M1Ca	0,003	0,000	0,000	0,000	0,003	0,000	0,002	0,004	0,000	0,003	0,000	0,001	0,000	0,001	0,000	0,002	0,002	
M1Total	1,989	1,991	1,992	1,986	1,996	1,993	1,998	2,004	1,998	2,000	1,996	1,997	1,997	1,993	1,984	1,992	2,000	
mg#	0,920	0,919	0,917	0,947	0,916	0,889	0,898	0,887	0,882	0,877	0,884	0,866	0,863	0,865	0,866	0,863	0,865	
f _a	0,080	0,081	0,083	0,053	0,084	0,111	0,102	0,113	0,118	0,123	0,116	0,134	0,137	0,135	0,134	0,137	0,135	

Tabela 26- Composição química de olivina em harzburgitos e dunitos com flogopita dos corpos Indaiá 1 e Limeira 1.

Código da amostra	Lm1-28-2b	Lm1-28-3	Lm1-28-4	Lm1-28-5	Lm1-28-6b	Lm1-28-6a	Lm1-28-7	Lm1-28-8	Lm1-28-11	In1-20b-1	In1-20b-2	In1-20b-3	In1-20b-4	In1-20b-5	Fo-5-2"	Fo-5-4	Fo-5-5	Fo-5-6	Fo-5-8
tipo	dunito com bolsões de flogopita									harzburgito com bolsões de flogopita					flogopita dunito com Cr-espinelio				
SiO ₂	40,78	40,80	41,08	40,85	40,87	41,23	40,95	41,43	41,65	40,88	40,77	39,84	40,22	40,38	39,50	38,90	40,02	40,46	40,49
TiO ₂	0,00	0,00	0,01	0,07	0,03	0,02	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,06	0,07	0,04	0,04	0,00	0,06	0,03	0,03
Al ₂ O ₃	0,00	0,02	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,03	0,02	0,03	0,05	0,02	0,02	0,04	0,00	0,03	0,07
FeO	8,87	8,43	7,67	8,92	8,70	8,70	8,73	8,62	8,67	6,85	6,95	6,95	7,64	6,87	10,04	9,48	9,68	9,70	9,82
MnO	0,19	0,11	0,20	0,12	0,12	0,13	0,04	0,16	0,18	0,09	0,10	0,10	0,10	0,10	0,13	0,16	0,12	0,23	0,18
MgO	50,04	50,04	50,92	50,01	50,25	50,30	50,64	50,82	50,87	51,90	51,16	51,60	51,89	51,46	49,76	48,97	49,61	49,78	49,51
CaO	0,01	0,00	0,02	0,02	0,01	0,00	0,04	0,03	0,06	0,02	0,05	0,06	0,05	0,09	0,10	0,04	0,05	0,05	0,01
Na ₂ O	0,01	0,05	0,07	0,08	0,02	0,00	0,01	0,05	0,02	0,01	0,01	0,00	0,01	0,02	0,04	0,08	0,06	0,00	0,06
K ₂ O	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,03	0,02	0,00	0,00	0,02	0,01	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01
Cr ₂ O ₃	0,07	0,00	0,07	0,03	0,01	0,00	0,02	0,01	0,02	0,02	0,04	0,04	0,09	0,05	0,01	0,09	0,04	0,04	0,03
NiO	0,37	0,38	0,32	0,42	0,45	0,34	0,32	0,45	0,22	0,44	0,37	0,39	0,37	0,39	0,27	0,53	0,33	0,30	0,38
Total	100,34	99,85	100,37	100,53	100,47	100,72	100,75	101,62	101,69	100,25	99,48	99,08	100,50	99,45	99,90	98,30	99,98	100,61	100,59
TSi	0,992	0,995	0,993	0,992	0,992	0,998	0,990	0,994	0,998	0,985	0,992	0,970	0,968	0,981	0,966	0,967	0,979	0,984	0,986
TFe ³⁺	0,008	0,005	0,007	0,008	0,008	0,002	0,010	0,006	0,002	0,015	0,008	0,030	0,032	0,019	0,034	0,033	0,021	0,016	0,014
TAl	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Total	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
M1Fe ³⁺	0,006	0,007	0,007	0,009	0,008	0,001	0,011	0,008	0,002	0,014	0,007	0,026	0,025	0,017	0,033	0,033	0,021	0,013	0,013
M1Al	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,002	0,001	0,000	0,001	0,000	0,001	0,002
M1Mg	1,815	1,820	1,836	1,810	1,818	1,816	1,825	1,817	1,817	1,864	1,855	1,874	1,863	1,864	1,815	1,814	1,808	1,805	1,797
M1Fe ²⁺	0,166	0,160	0,142	0,164	0,161	0,174	0,155	0,159	0,169	0,109	0,125	0,086	0,097	0,104	0,139	0,131	0,156	0,168	0,172
M1K	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
M1Ni	0,007	0,007	0,006	0,008	0,009	0,007	0,006	0,009	0,004	0,009	0,007	0,008	0,007	0,008	0,005	0,011	0,007	0,006	0,007
M1Cr	0,001	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,001	0,001	0,000	0,001	0,001	0,000	0,000
M1Mn	0,004	0,002	0,004	0,002	0,002	0,003	0,001	0,003	0,004	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,003	0,003	0,003	0,005	0,004
M1Ti	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000	0,001	0,001	0,001
M1Ca	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,002	0,001	0,000	0,001	0,000	0,001	0,002
M1Total	1,999	1,998	1,997	1,996	1,999	2,000	1,999	1,997	1,997	2,000	1,999	1,999	2,000	1,997	1,996	1,996	1,996	1,999	1,999
mg#	0,910	0,914	0,922	0,909	0,911	0,912	0,912	0,913	0,913	0,931	0,929	0,930	0,924	0,930	0,898	0,902	0,901	0,901	0,900
fa	0,090	0,086	0,078	0,091	0,089	0,088	0,088	0,087	0,087	0,069	0,071	0,070	0,076	0,070	0,102	0,098	0,099	0,099	0,100

Tabela 27- Composição química de olivina em peridotitos com clinopiroxênio metassomático dos corpos Indaiá 1 e Limeira 1.

Código da amostra	Lm1-38-7	Lm1-38-12	Lm1-38-3	Lm1-38-4	In1-6-1	In1-6-2	In1-6-3	In1-6-4	In1-12-1	In1-12-2	In1-12-3	In1-12-4
tipo	flogopita wherlito				flogopita ilmenita wehrlito				harzburgito com bolsões de clinopiroxênio			
SiO ₂	40,08	39,94	40,99	40,86	39,43	39,26	39,52	39,39	41,21	41,10	41,72	41,01
TiO ₂	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,04	0,05	0,06
Al ₂ O ₃	0,05	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,04	0,00	0,00	0,00	0,02
FeO	9,39	9,35	8,62	8,99	15,84	15,91	15,39	15,36	7,85	7,36	7,62	7,47
MnO	0,11	0,18	0,10	0,15	0,20	0,20	0,19	0,12	0,07	0,12	0,12	0,11
MgO	49,94	49,89	51,28	50,79	45,21	45,30	45,21	44,58	52,02	51,14	51,64	51,51
CaO	0,04	0,01	0,03	0,08	0,02	0,01	0,02	0,05	0,03	0,01	0,00	0,00
Na ₂ O	0,06	0,00	0,00	0,04	0,01	0,00	0,02	0,01	0,00	0,03	0,00	0,01
K ₂ O	0,02	0,00	0,00	0,02	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
Cr ₂ O ₃	0,01	0,03	0,01	0,00	0,04	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00
NiO	0,29	0,42	0,36	0,33	0,23	0,22	0,22	0,27	0,44	0,39	0,37	0,43
Total	99,99	99,85	101,39	101,26	100,97	100,93	100,62	99,82	101,63	100,20	101,57	100,62
TSi	0,978	0,977	0,983	0,983	0,982	0,978	0,986	0,992	0,983	0,994	0,997	0,987
TFe ³⁺	0,022	0,023	0,017	0,017	0,018	0,022	0,014	0,008	0,017	0,006	0,003	0,013
TAl	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Ttotal	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
M1Fe ³⁺	0,024	0,022	0,016	0,019	0,018	0,022	0,013	0,007	0,017	0,006	0,000	0,011
M1Al	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	0,001
M1Mg	1,817	1,819	1,834	1,822	1,678	1,681	1,682	1,674	1,850	1,844	1,840	1,849
M1Fe ²⁺	0,146	0,146	0,140	0,145	0,294	0,287	0,294	0,308	0,122	0,137	0,149	0,127
M1K	0,001	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
M1Ni	0,006	0,008	0,007	0,006	0,005	0,004	0,004	0,006	0,008	0,008	0,007	0,008
M1Cr	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000
M1Mn	0,002	0,004	0,002	0,003	0,004	0,004	0,004	0,003	0,001	0,002	0,002	0,002
M1Ti	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001
M1Ca	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	0,001
M1Total	1,998	2,000	1,999	1,996	1,999	2,000	1,999	1,999	1,999	1,998	2,000	2,000
mg#	0,905	0,905	0,914	0,910	0,836	0,835	0,840	0,838	0,922	0,925	0,924	0,925
fa	0,095	0,095	0,086	0,090	0,164	0,165	0,160	0,162	0,078	0,075	0,076	0,075

Tabela 28- Composição química de megacristais de olivina dos corpos Indaiá 1 e Limeira 1.

Código da amostra	Lm1-17	Lm1-17-2	Lm1-17-1	Lm1-40-11a	Lm1-40-11b	Lm1-40-11c	Lm1-41-5	Lm1-41-8	Lm1-41-13a	In1-20a-6	In1-20a-4	In1-20a-2	In1-20a-3	In1-20a-1	Lm1-25-6a	Lm1-25-6c	Lm1-25-6b
tipo	megacristal de olivina			borda de megacristal	megacristal			megacristal			megacristal				megacristal de nódulo esverdeado		
SiO ₂	40,09	40,04	39,81	39,62	40,22	39,59	39,53	39,84	39,39	39,54	40,74	40,33	40,10	40,26	39,59	39,52	39,60
TiO ₂	0,05	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,05	0,01	0,00	0,01	0,00	0,04	0,03	0,06	0,03	0,04
Al ₂ O ₃	0,00	0,00	0,00	0,16	0,05	0,17	0,03	0,00	0,03	0,02	0,05	0,01	0,01	0,00	0,03	0,03	0,02
FeO	14,04	13,33	13,67	12,52	6,87	7,18	11,92	12,70	11,56	17,07	12,16	13,17	12,49	12,62	12,62	12,15	12,02
MnO	0,20	0,31	0,16	0,21	0,16	0,11	0,14	0,20	0,17	0,37	0,17	0,14	0,16	0,09	0,08	0,15	0,20
MgO	46,10	46,54	45,84	46,32	51,12	50,60	47,22	46,44	47,07	44,67	47,71	47,94	47,16	47,44	47,65	47,83	47,61
CaO	0,01	0,05	0,00	0,17	0,02	0,03	0,02	0,05	0,08	0,05	0,05	0,02	0,04	0,01	0,03	0,16	0,07
Na ₂ O	0,02	0,00	0,00	0,19	0,32	0,15	0,08	0,18	0,17	0,06	0,09	0,00	0,00	0,07	0,07	0,00	0,00
K ₂ O	0,02	0,03	0,00	0,06	0,00	0,01	0,02	0,01	0,00	0,04	0,01	0,00	0,01	0,02	0,00	0,00	0,00
Cr ₂ O ₃	0,01	0,03	0,03	0,01	0,03	0,00	0,05	0,00	0,00	0,02	0,04	0,04	0,01	0,00	0,05	0,03	0,08
NiO	0,31	0,23	0,19	0,19	0,28	0,26	0,31	0,25	0,24	0,13	0,32	0,23	0,37	0,32	0,30	0,45	0,49
Total	100,84	100,61	99,70	99,46	99,06	98,11	99,36	99,73	98,72	101,97	101,35	101,88	100,37	100,87	100,48	100,37	100,14
TSi	0,993	0,991	0,996	0,988	0,979	0,974	0,984	0,992	0,985	0,980	0,996	0,982	0,991	0,989	0,975	0,974	0,979
TFe ³⁺	0,007	0,009	0,004	0,012	0,021	0,026	0,016	0,008	0,015	0,020	0,004	0,018	0,009	0,011	0,025	0,026	0,021
TAl	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Ttotal	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
M1Fe ³⁺	0,007	0,007	0,003	0,018	0,034	0,028	0,017	0,016	0,022	0,023	0,006	0,016	0,007	0,013	0,024	0,023	0,016
M1Al	0,000	0,000	0,000	0,005	0,001	0,005	0,001	0,000	0,001	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001
M1Mg	1,703	1,718	1,710	1,722	1,855	1,857	1,752	1,723	1,754	1,650	1,738	1,741	1,738	1,738	1,750	1,757	1,754
M1Fe ²⁺	0,277	0,261	0,279	0,231	0,085	0,094	0,215	0,240	0,204	0,310	0,238	0,234	0,242	0,236	0,212	0,201	0,211
M1K	0,001	0,001	0,000	0,002	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000
M1Ni	0,006	0,005	0,004	0,004	0,005	0,005	0,006	0,005	0,005	0,003	0,006	0,004	0,007	0,006	0,006	0,009	0,010
M1Cr	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000	0,000	0,001	0,000	0,001
M1Mn	0,004	0,006	0,003	0,004	0,003	0,002	0,003	0,004	0,004	0,008	0,004	0,003	0,003	0,002	0,002	0,003	0,004
M1Ti	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
M1Ca	0,000	0,000	0,000	0,005	0,001	0,005	0,001	0,000	0,001	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001
M1Total	1,999	1,999	2,000	1,991	1,986	1,997	1,996	1,990	1,991	1,996	1,996	2,000	1,999	1,997	1,997	1,997	1,999
mg#	0,854	0,862	0,857	0,868	0,930	0,926	0,876	0,867	0,879	0,823	0,875	0,866	0,871	0,870	0,871	0,875	0,876
fa	0,146	0,138	0,143	0,132	0,070	0,074	0,124	0,133	0,121	0,177	0,125	0,134	0,129	0,130	0,129	0,125	0,124

Tabela 29- Composição química de macrocristais de olivina dos corpos Indaiá 1 e Limeira 1.

Código da amostra	In1-36-12	Lm1-20-4b	Lm1-25-4a	Lm1-27-1	Lm1-30-1	Lm1-30-2b	Lm1-30-2	Lm1-30-3	Lm1-32-4a	Lm1-36-3	Lm1-36-4	Lm1-40-4	Lm1-41-1	Lm1-41-6	In1-27a-1a	In1-20a-7b	In1-20d-ol	In1-20d-1a	In1-20d-1"
tipo	macrocristal	macrocristal	macrocristal de autólito	xenólito granítico borda	macrocristal	macrocristal	macrocristal	macrocristal	macrocristal	macrocristal	macrocristal	macrocristal	macrocristal	macrocristal em borda de reação	macrocristal	macrocristal	macrocristal	macrocristal borda de reação com granito	macrocristal
SiO ₂	41,31	40,11	40,76	40,35	39,98	39,45	40,17	40,82	40,31	39,74	40,90	40,18	40,43	40,44	39,39	39,48	41,06	39,39	39,91
TiO ₂	0,00	0,02	0,00	0,05	0,04	0,02	0,00	0,00	0,06	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,01	0,02	0,06	0,00	0,00
Al ₂ O ₃	0,01	0,04	0,03	0,00	0,17	0,06	0,00	0,15	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,02	0,00	0,06	0,02	0,01	0,15
FeO	7,95	11,68	8,95	11,38	12,31	12,81	10,52	7,95	12,15	12,41	12,33	11,83	10,97	9,24	12,12	13,71	8,83	13,11	12,22
MnO	0,05	0,23	0,15	0,18	0,10	0,11	0,24	0,08	0,11	0,17	0,19	0,11	0,19	0,18	0,16	0,26	0,18	0,25	0,22
MgO	51,31	48,05	50,59	48,50	47,81	47,53	49,37	50,78	47,97	47,56	47,93	48,94	48,30	49,52	46,80	45,98	51,03	46,57	47,15
CaO	0,00	0,03	0,01	0,07	0,09	0,06	0,00	0,00	0,07	0,06	0,07	0,00	0,00	0,04	0,03	0,12	0,05	0,04	0,13
Na ₂ O	0,00	0,02	0,06	0,00	0,05	0,38	0,25	0,08	0,02	0,01	0,06	0,00	0,25	0,08	0,07	0,00	0,01	0,04	0,00
K ₂ O	0,00	0,00	0,00	0,02	0,03	0,00	0,00	0,02	0,04	0,01	0,09	0,01	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00
Cr ₂ O ₃	0,00	0,05	0,08	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,07	0,04	0,01	0,00	0,00	0,08	0,08	0,00
NiO	0,35	0,36	0,45	0,40	0,35	0,42	0,39	0,49	0,26	0,21	0,32	0,27	0,40	0,24	0,18	0,13	0,46	0,11	0,48
Total	100,98	100,58	101,08	100,95	100,93	100,83	100,95	100,37	100,98	100,19	101,91	101,40	100,65	99,77	98,76	99,76	101,79	99,62	100,26
TSi	0,993	0,985	0,983	0,986	0,980	0,968	0,975	0,988	0,987	0,982	0,994	0,977	0,989	0,990	0,987	0,987	0,983	0,983	0,987
TFe ³⁺	0,007	0,015	0,017	0,014	0,020	0,032	0,025	0,012	0,013	0,018	0,006	0,023	0,011	0,010	0,013	0,013	0,017	0,017	0,013
TAl	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Ttotal	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
M1Fe ³⁺	0,006	0,013	0,016	0,013	0,016	0,048	0,037	0,012	0,013	0,018	0,011	0,021	0,022	0,013	0,016	0,011	0,012	0,017	0,009
M1Al	0,000	0,001	0,001	0,000	0,005	0,002	0,000	0,004	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,002	0,001	0,000	0,005
M1Mg	1,839	1,759	1,819	1,767	1,747	1,738	1,787	1,832	1,751	1,751	1,737	1,774	1,761	1,807	1,748	1,713	1,822	1,732	1,738
M1Fe ²⁺	0,147	0,212	0,148	0,205	0,216	0,182	0,152	0,136	0,223	0,220	0,234	0,196	0,191	0,166	0,224	0,262	0,149	0,239	0,231
M1K	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000	0,003	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000
M1Ni	0,007	0,007	0,009	0,008	0,007	0,008	0,008	0,009	0,005	0,004	0,006	0,005	0,008	0,005	0,004	0,003	0,009	0,002	0,010
M1Cr	0,000	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000
M1Mn	0,001	0,005	0,003	0,004	0,002	0,002	0,005	0,002	0,002	0,004	0,004	0,002	0,004	0,004	0,003	0,006	0,004	0,005	0,005
M1Ti	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000
M1Ca	0,000	0,001	0,001	0,000	0,005	0,002	0,000	0,004	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,002	0,001	0,000	0,005
M1Total	2,000	1,999	1,998	1,998	2,000	1,982	1,988	2,000	1,997	1,998	1,996	2,000	1,988	1,996	1,996	1,998	1,999	1,997	2,001
mg#	0,920	0,880	0,910	0,884	0,874	0,869	0,893	0,919	0,876	0,872	0,874	0,881	0,887	0,905	0,873	0,857	0,912	0,864	0,873
fa	0,080	0,120	0,090	0,116	0,126	0,131	0,107	0,081	0,124	0,128	0,126	0,119	0,113	0,095	0,127	0,143	0,088	0,136	0,127

Tabela 30- Composição química de macrocristais de olivina do corpo Forca.

Código da amostra	Fo-2-35	Fo-1-6b	Fo-1-7	Fo-1-8	Fo-1-17a	Fo-1-17b	Fo-1-18	Fo-5-16	Fo-5-15	Fo-6-4	Fo-6-5	Fo-6-20	Fo-6-15	Fo-6-14	Fo-6-19
tipo	macrocristal	macrocristal centro		macrocristal borda		macrocristal		macrocristal			macrocristal				
SiO ₂	41,26	41,26	41,09	39,43	40,69	39,79	39,69	40,63	39,28	39,38	39,55	39,11	37,92	38,06	41,34
TiO ₂	0,08	0,00	0,00	0,04	0,02	0,01	0,06	0,00	0,00	0,03	0,06	0,09	0,00	0,00	0,04
Al ₂ O ₃	0,00	0,01	0,00	0,04	0,02	0,00	0,04	0,00	0,03	0,00	0,04	0,02	0,02	0,06	0,10
FeO	7,29	7,97	7,88	15,02	8,02	9,39	15,30	10,15	16,95	15,12	14,79	13,55	16,09	17,51	7,66
MnO	0,15	0,14	0,19	0,23	0,14	0,15	0,18	0,12	0,26	0,22	0,18	0,25	0,12	0,18	0,10
MgO	51,55	51,94	51,57	46,58	51,49	49,98	45,66	50,32	44,42	46,37	45,89	46,34	44,19	42,88	51,70
CaO	0,02	0,03	0,02	0,08	0,00	0,03	0,10	0,05	0,07	0,15	0,11	0,04	0,07	0,10	0,02
Na ₂ O	0,00	0,03	0,08	0,00	0,04	0,04	0,07	0,12	0,06	0,04	0,46	0,42	0,10	0,20	0,11
K ₂ O	0,00	0,03	0,01	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,02	0,00	0,01	0,00
Cr ₂ O ₃	0,00	0,04	0,01	0,00	0,07	0,02	0,08	0,02	0,04	0,02	0,08	0,00	0,02	0,00	0,04
NiO	0,36	0,33	0,47	0,36	0,37	0,53	0,36	0,41	0,26	0,52	0,32	0,12	0,42	0,28	0,40
Total	100,70	101,78	101,32	101,78	100,87	99,97	101,54	101,81	101,41	101,85	101,48	99,95	98,96	99,28	101,50
TSi	0,993	0,983	0,984	0,969	0,979	0,971	0,981	0,976	0,979	0,968	0,973	0,971	0,964	0,971	0,987
TFe ³⁺	0,007	0,017	0,016	0,031	0,021	0,029	0,019	0,024	0,021	0,032	0,027	0,029	0,036	0,029	0,013
TAI	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Ttotal	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
M1Fe ³⁺	0,005	0,018	0,020	0,029	0,020	0,030	0,017	0,029	0,023	0,032	0,043	0,046	0,040	0,037	0,013
M1Al	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000	0,001	0,000	0,001	0,000	0,001	0,001	0,001	0,002	0,003
M1Mg	1,849	1,845	1,841	1,706	1,846	1,819	1,683	1,802	1,650	1,699	1,684	1,716	1,675	1,631	1,840
M1Fe ²⁺	0,135	0,124	0,122	0,249	0,120	0,133	0,281	0,151	0,309	0,247	0,235	0,207	0,266	0,307	0,127
M1K	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,002	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000
M1Ni	0,007	0,006	0,009	0,007	0,007	0,010	0,007	0,008	0,005	0,010	0,006	0,002	0,009	0,006	0,008
M1Cr	0,000	0,001	0,000	0,000	0,001	0,000	0,001	0,000	0,001	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000
M1Mn	0,003	0,003	0,004	0,005	0,003	0,003	0,004	0,002	0,005	0,004	0,004	0,005	0,003	0,004	0,002
M1Ti	0,001	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,001	0,002	0,000	0,000	0,001
M1Ca	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000	0,001	0,000	0,001	0,000	0,001	0,001	0,001	0,002	0,003
M1Total	2,000	1,998	1,996	1,999	1,999	1,997	1,995	1,993	1,996	1,994	1,976	1,980	1,993	1,989	1,997
mg#	0,926	0,921	0,921	0,847	0,920	0,905	0,842	0,898	0,824	0,845	0,847	0,859	0,830	0,814	0,923
fa	0,074	0,079	0,079	0,153	0,080	0,095	0,158	0,102	0,176	0,155	0,153	0,141	0,170	0,186	0,077

Tabela 31- Composição química de macrocristais de olivina dos corpos Indaiá 2 e Facão.

Código da amostra	In2-1-1	In2-1-16	In2-1-26b	In2-1-27	In2-1-28	In2-1-29	Fac-1-8	Fac-2-4	Fac-2-10a	Fac-3-6	Fac-3-1	Fac-5-11b	Fac-5-11c	Fac-5-13	Fac-5-13b	Fac-6-2	Fac-6-13	Fac-6-16	Fac-6-25a	Fac-6-25b	Fac-7-9	Fac-8-1
tipo	macrocristal						macrocristal centro	macr.	borda macrocristal	olivina com ilmenita	macrocristal					macrocristal				reação com xenólito	macr.	macr.
SiO ₂	40,63	40,00	40,95	39,91	40,46	40,93	39,75	41,42	40,04	40,91	40,06	41,27	40,66	40,27	39,90	39,93	39,79	39,49	38,91	39,99	39,18	39,68
TiO ₂	0,03	0,01	0,01	0,00	0,00	0,05	0,04	0,02	0,04	0,06	0,00	0,00	0,00	0,04	0,02	0,01	0,00	0,00	0,04	0,02	0,02	0,02
Al ₂ O ₃	0,00	0,00	0,09	0,00	0,00	0,00	0,05	0,04	0,00	0,09	0,00	0,03	0,00	0,00	0,02	0,03	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00
FeO	12,25	11,26	9,88	14,89	11,69	9,42	13,91	8,53	10,36	10,55	14,48	10,70	11,75	11,31	13,60	13,39	14,83	10,79	13,34	13,11	10,35	13,89
MnO	0,19	0,08	0,13	0,20	0,21	0,12	0,21	0,11	0,18	0,22	0,15	0,22	0,13	0,21	0,13	0,19	0,22	0,13	0,20	0,26	0,18	0,27
MgO	48,03	48,59	49,55	45,15	48,57	49,00	45,78	50,63	48,89	47,90	45,65	48,64	48,40	48,67	47,13	47,06	46,19	48,46	45,19	46,08	48,77	45,41
CaO	0,07	0,16	0,38	0,82	0,01	0,31	0,08	0,12	0,17	0,23	0,06	0,20	0,12	0,23	0,09	0,22	0,07	0,10	0,29	0,22	0,06	0,10
Na ₂ O	0,06	0,00	0,07	0,08	0,09	0,04	0,00	0,08	0,00	0,01	0,02	0,18	0,00	0,20	0,16	0,02	0,00	0,03	0,01	0,00	0,08	0,14
K ₂ O	0,03	0,01	0,00	0,03	0,03	0,00	0,03	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,04	0,00	0,00	0,02	0,00	0,01	0,12
Cr ₂ O ₃	0,00	0,00	0,02	0,09	0,00	0,04	0,00	0,14	0,04	0,09	0,00	0,09	0,01	0,11	0,00	0,10	0,00	0,17	0,74	0,12	0,00	0,03
NiO	0,30	0,51	0,29	0,32	0,23	0,19	0,30	0,39	0,39	0,37	0,31	0,38	0,37	0,36	0,38	0,29	0,28	0,41	0,23	0,21	0,24	0,13
Total	101,60	100,61	101,37	101,48	101,29	100,10	100,15	101,49	100,10	100,43	100,74	101,70	101,43	101,41	101,44	101,27	101,38	99,57	99,01	100,01	98,89	99,79
TSi	0,990	0,979	0,990	0,988	0,985	1,002	0,992	0,995	0,982	1,005	0,996	1,000	0,990	0,978	0,978	0,981	0,982	0,975	0,984	0,997	0,970	0,993
TFe ³⁺	0,010	0,021	0,010	0,012	0,015	0,000	0,008	0,005	0,018	0,000	0,004	0,000	0,010	0,022	0,022	0,019	0,018	0,025	0,006	0,002	0,030	0,007
TAI	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000
Ttotal	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,002	1,000	1,000	1,000	1,005	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,991	0,998	1,000
M1Fe ³⁺	0,013	0,020	0,010	0,015	0,020	0,000	0,006	0,003	0,015	0,000	0,006	0,005	0,010	0,026	0,029	0,016	0,018	0,020	0,000	0,000	0,033	0,016
M1Al	0,000	0,000	0,003	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000	0,003	0,000	0,001	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
M1Mg	1,744	1,774	1,786	1,666	1,763	1,788	1,703	1,813	1,788	1,755	1,691	1,756	1,757	1,763	1,722	1,724	1,700	1,785	1,704	1,712	1,800	1,694
M1Fe ²⁺	0,226	0,190	0,180	0,281	0,202	0,193	0,275	0,164	0,180	0,217	0,291	0,211	0,220	0,182	0,228	0,240	0,270	0,178	0,277	0,272	0,151	0,268
M1K	0,001	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,004
M1Ni	0,006	0,010	0,006	0,006	0,004	0,004	0,006	0,008	0,008	0,007	0,006	0,007	0,007	0,007	0,008	0,006	0,005	0,008	0,005	0,004	0,005	0,003
M1Cr	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,002	0,000	0,001	0,000	0,001	0,000	0,001	0,000	0,001	0,000	0,002	0,010	0,002	0,000	0,000
M1Mn	0,004	0,002	0,003	0,004	0,004	0,003	0,005	0,002	0,004	0,004	0,003	0,004	0,003	0,004	0,003	0,004	0,005	0,003	0,004	0,006	0,004	0,006
M1Ti	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000
M1Ca	0,000	0,000	0,003	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000	0,003	0,000	0,001	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000
M1Total	1,995	1,996	1,989	1,974	1,996	1,988	1,999	1,994	1,996	1,991	1,998	1,987	1,997	1,984	1,991	1,994	1,998	1,996	2,002	1,996	1,994	1,991
mg#	0,875	0,885	0,899	0,844	0,881	0,903	0,854	0,914	0,894	0,890	0,849	0,890	0,880	0,885	0,861	0,862	0,847	0,889	0,858	0,862	0,894	0,854
fa	0,125	0,115	0,101	0,156	0,119	0,097	0,146	0,086	0,106	0,110	0,151	0,110	0,120	0,115	0,139	0,138	0,153	0,111	0,142	0,138	0,106	0,146

Tabela 32- Composição química de olivina em peridotitos do corpo Facão.

Código da amostra	Fac-2-5	Fac-2-6	Fac-2-7	Fac-2-8b	Fac-2-8c	Fac-2-9	Fac-2-8a	Fac-7-7	Fac-7-2	Fac-7-1b	Fac-7-10	Fac-7-3	Fac-7-6c	Fac-8-2	Fac-8-8	Fac-8-10
tipo				dunito centro de cristal	dunito	borda dunito	dunito	wehrlito		borda de wehrlito				dunito		
SiO ₂	40,69	40,21	40,59	41,43	40,54	39,86	40,88	40,25	39,48	38,98	39,91	39,82	40,05	39,72	40,94	40,48
TiO ₂	0,00	0,04	0,00	0,02	0,03	0,00	0,06	0,00	0,02	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04
Al ₂ O ₃	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,08	0,00	0,07	0,00	0,00	0,00
FeO	11,01	10,99	10,55	10,23	10,32	10,73	10,26	10,90	13,54	13,09	13,70	13,20	12,01	14,39	14,12	13,67
MnO	0,07	0,19	0,20	0,17	0,16	0,15	0,16	0,02	0,26	0,17	0,13	0,18	0,26	0,25	0,27	0,19
MgO	48,61	49,41	49,26	49,08	49,38	48,77	49,28	49,20	47,22	47,32	46,27	46,54	47,50	45,49	44,74	45,27
CaO	0,05	0,05	0,05	0,09	0,06	0,11	0,13	0,07	0,06	0,03	0,64	0,03	0,10	0,05	0,08	0,04
Na ₂ O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,02	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,01	0,11	0,00
K ₂ O	0,01	0,02	0,00	0,01	0,01	0,04	0,00	0,00	0,01	0,00	0,02	0,04	0,01	0,01	0,05	0,04
Cr ₂ O ₃	0,04	0,00	0,00	0,00	0,06	0,05	0,08	0,03	0,00	0,03	0,04	0,00	0,07	0,00	0,00	0,00
NiO	0,31	0,35	0,31	0,36	0,42	0,40	0,43	0,24	0,31	0,33	0,30	0,34	0,38	0,35	0,11	0,35
Total	100,81	101,27	100,96	101,48	100,98	100,11	101,37	100,74	100,90	100,01	101,09	100,14	100,54	100,28	100,42	100,09
TSi	0,994	0,976	0,988	1,003	0,986	0,978	0,991	0,981	0,973	0,967	0,985	0,989	0,986	0,992	1,022	1,012
TFe ³⁺	0,006	0,024	0,012	0,000	0,014	0,022	0,009	0,019	0,027	0,033	0,015	0,011	0,014	0,008	0,000	0,000
TAl	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Ttotal	1,000	1,000	1,000	1,003	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,022	1,012
M1Fe ³⁺	0,004	0,023	0,013	0,000	0,011	0,022	0,008	0,017	0,027	0,030	0,012	0,012	0,015	0,009	0,000	0,000
M1Al	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,002	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000
M1Mg	1,770	1,788	1,786	1,772	1,790	1,785	1,780	1,788	1,735	1,749	1,703	1,724	1,743	1,693	1,666	1,688
M1Fe ²⁺	0,215	0,176	0,190	0,207	0,184	0,177	0,191	0,187	0,225	0,208	0,256	0,252	0,218	0,283	0,295	0,286
M1K	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000	0,000	0,002	0,001
M1Ni	0,006	0,007	0,006	0,007	0,008	0,008	0,008	0,005	0,006	0,007	0,006	0,007	0,008	0,007	0,002	0,007
M1Cr	0,001	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000
M1Mn	0,001	0,004	0,004	0,003	0,003	0,003	0,003	0,000	0,005	0,004	0,003	0,004	0,005	0,005	0,006	0,004
M1Ti	0,000	0,001	0,000	0,000	0,001	0,000	0,001	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001
M1Ca	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,002	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000
M1Total	1,999	1,999	1,999	1,990	1,999	1,996	1,993	1,999	1,998	1,999	1,985	1,999	1,995	1,998	1,970	1,987
mg#	0,887	0,889	0,893	0,895	0,895	0,890	0,895	0,889	0,861	0,866	0,858	0,863	0,876	0,849	0,850	0,855
fa	0,113	0,111	0,107	0,105	0,105	0,110	0,105	0,111	0,139	0,134	0,142	0,137	0,124	0,151	0,150	0,145

Tabela 33- Composição química de ortopiroxênio em harzburgitos e lherzolitos com espinélio do corpo Indaiá 1.

Código da amostra	In1-4-3'	In1-4-1'	In1-9-1	In1-9-2	In1-9-3	In1-9-4	In1-9-5	In1-9-6	In1-13a-1	In1-13a-2	In1-13a-3	In1-13a-4	In1-13a-5	In1-13a-6	In1-13a-7	In1-13b-1	In1-13b-2
	lherzolito protogranular com espinélio	lherzolito protogranular com espinélio	lherzolito protogranular com espinélio	lherzolito protogranular com espinélio	lherzolito protogranular com espinélio	lherzolito protogranular com espinélio	lherzolito protogranular com espinélio	lherzolito protogranular com espinélio	lherzolito protogranular com espinélio	lherzolito protogranular com espinélio	lherzolito protogranular com espinélio	lherzolito protogranular com espinélio	lherzolito protogranular com espinélio	lherzolito protogranular com espinélio	lherzolito protogranular com espinélio	harzburgito protogranular com espinélio	harzburgito protogranular com espinélio
Tipo																	
SiO ₂	54,34	54,72	56,38	56,03	55,83	56,72	56,50	55,33	56,52	51,29	54,51	56,87	55,33	56,32	56,89	56,85	56,23
TiO ₂	0,15	0,03	0,09	0,06	0,06	0,01	0,10	0,04	0,06	0,04	0,00	0,12	0,01	0,05	0,00	0,04	0,13
Al ₂ O ₃	4,02	4,73	2,30	2,72	3,34	2,37	2,86	2,87	2,02	7,08	3,83	1,84	3,30	2,82	1,52	2,60	2,14
FeO	6,75	6,63	5,84	5,53	5,77	5,64	5,83	5,67	5,52	6,13	5,65	5,15	5,85	5,19	5,42	5,44	5,29
MnO	0,14	0,17	0,16	0,17	0,19	0,15	0,12	0,18	0,17	0,16	0,15	0,16	0,15	0,12	0,14	0,11	0,16
MgO	33,86	34,03	33,94	33,28	33,33	33,67	35,85	35,51	36,22	34,50	35,85	37,07	35,90	35,23	36,00	35,88	35,84
CaO	0,26	0,24	0,14	0,12	0,14	0,07	0,14	0,21	0,14	0,12	0,16	0,10	0,20	1,25	0,10	0,21	0,56
Na ₂ O	0,20	0,17	0,00	0,00	0,04	0,01	0,04	0,04	0,02	0,01	0,03	0,03	0,01	0,06	0,04	0,00	0,02
K ₂ O	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,47	0,00	0,00
Cr ₂ O ₃	0,50	0,35	0,15	0,26	0,31	0,17	0,34	0,32	0,27	2,65	1,00	0,19	0,80	0,53	0,15	0,58	0,30
NiO	0,13	0,16	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Total	100,35	101,26	98,98	98,16	99,00	98,82	101,76	100,16	100,95	101,98	101,18	101,55	101,55	101,56	100,73	101,71	100,68
TSi	1,866	1,860	1,961	1,967	1,944	1,977	1,903	1,891	1,915	1,740	1,847	1,910	1,869	1,903	1,931	1,917	1,912
TFe ³⁺	0,087	0,085	0,000	0,000	0,000	0,000	0,063	0,089	0,075	0,117	0,111	0,090	0,096	0,059	0,069	0,035	0,071
TAl	0,046	0,055	0,039	0,033	0,056	0,023	0,034	0,020	0,010	0,143	0,042	0,000	0,035	0,038	0,000	0,048	0,017
T total	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000
M2Al	0,116	0,135	0,055	0,080	0,081	0,074	0,080	0,096	0,071	0,141	0,110	0,073	0,096	0,074	0,061	0,055	0,069
M2Cr	0,009	0,006	0,003	0,005	0,006	0,003	0,006	0,006	0,005	0,047	0,018	0,003	0,014	0,009	0,003	0,010	0,005
M2Fe ³⁺	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,004	0,000	0,000	0,025	0,000	0,000
M2Ti	0,004	0,001	0,002	0,002	0,002	0,000	0,002	0,001	0,002	0,001	0,000	0,003	0,000	0,001	0,000	0,001	0,003
M2Ni	0,004	0,004	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
M2Fe ²⁺	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
M2Mg	0,867	0,854	0,940	0,914	0,911	0,922	0,912	0,897	0,923	0,811	0,872	0,916	0,890	0,915	0,911	0,934	0,922
M2Mn	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
M2total	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
XMg	0,867	0,871	0,820	0,828	0,819	0,828	0,888	0,912	0,907	0,934	0,939	0,939	0,918	0,860	0,910	0,870	0,895
XFe ²⁺	0,107	0,103	0,170	0,162	0,168	0,164	0,101	0,073	0,081	0,057	0,049	0,050	0,070	0,088	0,059	0,119	0,079
XMn	0,004	0,005	0,005	0,005	0,006	0,004	0,003	0,005	0,005	0,005	0,004	0,005	0,004	0,003	0,004	0,003	0,005
XCa	0,010	0,009	0,005	0,004	0,005	0,003	0,005	0,008	0,005	0,004	0,006	0,004	0,007	0,045	0,004	0,008	0,020
XNa	0,013	0,011	0,000	0,000	0,002	0,000	0,002	0,003	0,001	0,001	0,002	0,002	0,000	0,004	0,003	0,000	0,001
Xtotal	1,000	0,999	1,000	1,000	1,000	0,999	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,999	1,000	0,980	1,000	1,000
#mg	0,899	0,901	0,912	0,915	0,912	0,914	0,916	0,918	0,921	0,909	0,919	0,928	0,916	0,924	0,922	0,922	0,923

Tabela 34- Composição química de ortopiroxênio em harzburgitos e lherzolitos com espinélio do corpo Indaiá 1.

Código da amostra	In1-14a-1	In1-14a-2	In1-14a-3	In1-14a-4	In1-14a-5	In1-14a-6	In1-14a-7	In1-14a-8	Fo-2-37'	Fo-2-28	Fo-2-20'	Lm1-17-14	Lm1-17-9	Lm1-17-6	Lm1-17-5	Lm1-17-6a	Lm1-17-7	Lm1-17-5	
	lherzolito protogranular com espinélio								borda de espinélio lherzolito	espinélio lherzolito granoblástico			harzburgito protogranular com espinélio						
Tipo																			
SiO ₂	56,39	55,31	51,85	56,32	55,51	56,46	56,33	56,02	55,74	55,27	55,95	53,52	55,64	54,98	54,10	54,70	55,84	54,93	
TiO ₂	0,13	0,12	0,00	0,00	0,02	0,02	0,00	0,16	0,02	0,05	0,04	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,04	
Al ₂ O ₃	3,02	3,63	8,62	2,59	3,06	2,98	2,94	2,57	3,08	3,06	2,58	4,95	4,04	4,46	5,15	4,45	3,60	4,40	
FeO	5,93	5,52	6,23	5,70	5,62	5,75	5,72	5,69	6,13	5,79	6,13	5,65	5,50	5,77	5,58	5,93	5,85	5,70	
MnO	0,14	0,16	0,15	0,17	0,13	0,16	0,12	0,13	0,19	0,19	0,08	0,19	0,14	0,09	0,11	0,26	0,06	0,20	
MgO	33,52	33,06	31,88	33,79	33,03	32,95	33,38	35,74	34,50	33,93	34,45	33,82	34,29	34,22	33,75	34,07	34,05	33,05	
CaO	0,11	0,14	0,08	0,35	0,34	0,43	0,15	0,18	0,40	0,94	0,37	0,37	0,28	0,45	0,43	0,29	0,74	1,47	
Na ₂ O	0,04	0,00	0,01	0,00	0,05	0,06	0,01	0,05	0,01	0,04	0,03	0,06	0,02	0,00	0,08	0,05	0,09	0,28	
K ₂ O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,01	0,03	0,00	0,02	0,07	
Cr ₂ O ₃	0,32	0,44	1,17	0,26	0,39	0,33	0,34	0,22	0,35	0,31	0,24	0,61	0,39	0,54	0,56	0,60	0,39	0,59	
NiO	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0,23	0,09	0,11	0,02	0,04	0,18	0,06	0,24	0,15	0,08	
Total	99,60	98,38	99,98	99,17	98,15	99,13	98,98	100,77	100,64	99,67	99,97	99,18	100,38	100,70	99,85	100,60	100,82	100,81	
TSi	1,954	1,939	1,794	1,956	1,950	1,967	1,963	1,903	1,907	1,909	1,925	1,853	1,904	1,878	1,862	1,873	1,907	1,879	
TFe ³⁺	0,000	0,000	0,008	0,000	0,000	0,000	0,000	0,077	0,045	0,044	0,034	0,067	0,014	0,040	0,049	0,052	0,029	0,058	
TAl	0,046	0,061	0,198	0,044	0,050	0,033	0,037	0,020	0,048	0,047	0,041	0,080	0,082	0,082	0,090	0,076	0,064	0,063	
T total	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	
M2Al	0,077	0,089	0,153	0,062	0,077	0,090	0,083	0,083	0,077	0,077	0,064	0,122	0,081	0,098	0,119	0,104	0,081	0,114	
M2Cr	0,006	0,008	0,021	0,005	0,007	0,006	0,006	0,004	0,006	0,006	0,004	0,011	0,007	0,010	0,010	0,011	0,007	0,011	
M2Fe ³⁺	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
M2Ti	0,003	0,003	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000	0,004	0,000	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	
M2Ni	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,006	0,003	0,003	0,001	0,001	0,005	0,002	0,006	0,004	0,002	
M2Fe ²⁺	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
M2Mg	0,914	0,900	0,825	0,933	0,915	0,903	0,910	0,909	0,910	0,913	0,928	0,866	0,911	0,888	0,869	0,879	0,907	0,872	
M2Mn	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
M2total	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	
XMg	0,818	0,828	0,819	0,816	0,815	0,808	0,823	0,901	0,849	0,834	0,839	0,880	0,839	0,855	0,862	0,860	0,826	0,813	
XFe ²⁺	0,172	0,162	0,173	0,166	0,165	0,168	0,167	0,085	0,130	0,123	0,143	0,097	0,143	0,125	0,112	0,118	0,138	0,105	
XMn	0,004	0,005	0,004	0,005	0,004	0,005	0,003	0,004	0,005	0,006	0,002	0,005	0,004	0,003	0,003	0,008	0,002	0,006	
XCa	0,004	0,005	0,003	0,013	0,013	0,016	0,005	0,007	0,015	0,035	0,014	0,014	0,010	0,016	0,016	0,011	0,027	0,054	
XNa	0,002	0,000	0,001	0,000	0,004	0,004	0,001	0,003	0,000	0,003	0,002	0,004	0,001	0,000	0,005	0,004	0,006	0,018	
Xtotal	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,999	0,999	1,000	1,000	1,000	1,000	0,998	1,000	0,999	1,000	0,999	0,997	
#mg	0,910	0,914	0,901	0,914	0,913	0,911	0,912	0,918	0,909	0,913	0,909	0,914	0,917	0,914	0,915	0,911	0,912	0,912	

Tabela 35- Composição química de ortopiroxênio em harzburgitos e dunitos com cr-espineló do corpo Indaiá 1.

Código da amostra	In1-3-1	In1-3-2	In1-3-3	In1-3-4	In1-3-5	In1-3-6	In1-3-7	Lm1-20a-10	Lm1-20a-6	Lm1-20a-11a	Lm1-20a-16	Lm1-20-6a	Lm1-20-12b	Lm1-20-13	Lm1-20-8	Lm1-30-9	Lm1-30-11	Lm1-30-4a	
Tipo	harzburgito granoblástico com Cr-espineló							harzburgito granoblástico com Cr-espineló							harzburgito com Cr-espineló				
SiO ₂	56,90	56,45	57,49	57,31	56,93	56,96	57,27	55,85	55,69	55,78	55,48	56,83	56,12	56,51	56,33	55,56	56,58	56,27	
TiO ₂	0,11	0,07	0,06	0,06	0,00	0,07	0,07	0,02	0,02	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,05	0,01	0,02	
Al ₂ O ₃	1,42	1,66	1,65	1,76	1,87	1,90	1,66	2,46	2,59	2,64	2,68	2,64	2,64	2,47	2,36	2,21	2,08	2,41	
FeO	5,04	5,01	5,34	4,86	4,98	5,31	5,31	5,88	5,64	5,81	5,43	5,72	5,64	5,56	5,69	5,84	5,69	5,71	
MnO	0,13	0,12	0,13	0,11	0,14	0,15	0,13	0,19	0,22	0,16	0,12	0,07	0,09	0,11	0,05	0,15	0,17	0,13	
MgO	36,71	36,42	36,46	35,56	36,15	36,23	36,42	34,20	34,31	34,50	34,70	35,00	35,02	34,65	34,78	35,10	35,38	35,71	
CaO	0,26	0,43	0,45	0,61	0,32	0,21	0,47	0,42	0,36	0,38	0,52	0,54	0,47	0,45	0,35	0,46	0,29	0,50	
Na ₂ O	0,00	0,03	0,04	0,00	0,01	0,01	0,05	0,00	0,04	0,00	0,17	0,03	0,07	0,00	0,10	0,09	0,15	0,15	
K ₂ O	0,00	0,01	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,02	0,02	0,00	0,00	0,05	0,00	
Cr ₂ O ₃	0,37	0,42	0,42	0,40	0,48	0,49	0,54	0,34	0,40	0,28	0,46	0,57	0,29	0,43	0,32	0,42	0,28	0,52	
NiO	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0,06	0,00	0,00	0,17	0,07	0,03	0,03	0,01	0,09	0,00	0,12	
Total	100,93	100,62	102,05	100,68	100,88	101,33	101,92	99,44	99,29	99,57	99,73	101,48	100,43	100,23	100,00	99,98	100,68	101,53	
TSi	1,926	1,917	1,929	1,951	1,931	1,925	1,925	1,934	1,929	1,925	1,909	1,927	1,917	1,939	1,934	1,908	1,926	1,901	
TFe ³⁺	0,069	0,079	0,058	0,006	0,042	0,049	0,061	0,016	0,020	0,029	0,065	0,017	0,050	0,004	0,028	0,080	0,064	0,088	
TAI	0,004	0,004	0,013	0,043	0,027	0,026	0,015	0,050	0,051	0,045	0,027	0,056	0,033	0,057	0,038	0,013	0,010	0,011	
T total	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	
M2Al	0,052	0,063	0,052	0,028	0,048	0,050	0,051	0,050	0,055	0,062	0,082	0,049	0,073	0,043	0,058	0,077	0,073	0,085	
M2Cr	0,007	0,007	0,007	0,007	0,009	0,009	0,010	0,006	0,007	0,005	0,008	0,010	0,005	0,008	0,006	0,008	0,005	0,009	
M2Fe ³⁺	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
M2Ti	0,003	0,002	0,002	0,002	0,000	0,002	0,002	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,001	0,000	0,001	
M2Ni	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,000	0,000	0,005	0,002	0,001	0,001	0,000	0,002	0,000	0,003	
M2Fe ²⁺	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
M2Mg	0,939	0,928	0,939	0,963	0,943	0,940	0,937	0,941	0,937	0,933	0,905	0,938	0,920	0,949	0,936	0,912	0,921	0,902	
M2Mn	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
M2total	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	
XMg	0,914	0,916	0,885	0,842	0,885	0,886	0,887	0,824	0,834	0,842	0,874	0,831	0,864	0,824	0,844	0,885	0,874	0,896	
XFe ²⁺	0,073	0,063	0,092	0,133	0,099	0,102	0,089	0,154	0,143	0,139	0,092	0,145	0,111	0,155	0,135	0,088	0,098	0,073	
XMn	0,004	0,003	0,004	0,003	0,004	0,004	0,004	0,006	0,006	0,005	0,003	0,002	0,003	0,003	0,001	0,004	0,005	0,004	
XCa	0,009	0,016	0,016	0,022	0,012	0,008	0,017	0,016	0,013	0,014	0,019	0,020	0,017	0,017	0,013	0,017	0,010	0,018	
XNa	0,000	0,002	0,002	0,000	0,000	0,001	0,003	0,000	0,003	0,000	0,011	0,002	0,005	0,000	0,006	0,006	0,010	0,010	
Xtotal	1,000	0,999	0,999	1,000	1,000	1,000	1,000	0,999	1,000	1,000	1,000	1,000	0,999	0,999	1,000	1,000	0,998	1,000	
#mg	0,928	0,928	0,924	0,929	0,928	0,924	0,924	0,912	0,916	0,914	0,919	0,916	0,917	0,917	0,916	0,915	0,917	0,918	

Tabela 36- Composição química de ortopiroxênio em harzburgitos e dunitos com cr-espínélio do corpo Indaiá 1.

Código da amostra	Lm1-36-12b	Lm1-36-11	Lm1-36-17	Lm1-36-14	In1-24a-1	In1-24a-2	In1-24a-3	In1-24a-4	In1-24a-5	In1-24a-6	In1-50-2	In1-50-7
Tipo	harzburgito granoblástico com Cr-espínélio				dunito com Cr-espínélio e anfíbólio							
SiO ₂	56,82	56,74	57,07	57,26	57,14	57,64	57,67	56,61	57,67	57,72	55,83	56,26
TiO ₂	0,03	0,00	0,04	0,01	0,13	0,10	0,11	0,16	0,12	0,15	0,12	0,09
Al ₂ O ₃	1,40	1,36	1,49	1,36	1,62	1,40	1,64	1,62	1,70	1,67	1,55	1,61
FeO	5,15	4,80	4,98	4,91	5,03	5,35	5,11	5,05	5,43	5,04	5,38	5,68
MnO	0,10	0,18	0,12	0,13	0,12	0,13	0,13	0,11	0,13	0,14	0,15	0,14
MgO	35,47	35,58	35,42	35,27	35,23	35,92	35,61	35,76	35,46	35,26	35,38	35,71
CaO	0,38	0,43	0,54	0,52	0,40	0,32	0,46	0,33	0,48	0,55	0,39	0,39
Na ₂ O	0,04	0,04	0,02	0,07	0,03	0,03	0,07	0,02	0,04	0,04	0,05	0,00
K ₂ O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02
Cr ₂ O ₃	0,41	0,31	0,40	0,40	0,43	0,27	0,48	0,47	0,41	0,46	0,46	0,26
NiO	0,15	0,04	0,21	0,08	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0,12	0,11
Total	99,94	99,48	100,28	100,01	100,12	101,15	101,29	100,13	101,44	101,01	99,43	100,28
TSi	1,950	1,952	1,952	1,964	1,959	1,953	1,954	1,937	1,953	1,963	1,926	1,923
TFe ³⁺	0,027	0,030	0,016	0,004	0,000	0,022	0,005	0,032	0,003	0,000	0,062	0,073
TAl	0,023	0,018	0,031	0,033	0,041	0,024	0,041	0,031	0,044	0,037	0,012	0,004
T total	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000
M2Al	0,033	0,037	0,029	0,023	0,024	0,032	0,024	0,035	0,024	0,030	0,051	0,061
M2Cr	0,007	0,006	0,007	0,007	0,008	0,005	0,009	0,009	0,007	0,008	0,008	0,005
M2Fe ³⁺	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
M2Ti	0,001	0,000	0,001	0,000	0,003	0,002	0,003	0,004	0,003	0,004	0,003	0,002
M2Ni	0,004	0,001	0,006	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,003	0,003
M2Fe ²⁺	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
M2Mg	0,954	0,956	0,957	0,968	0,964	0,961	0,964	0,953	0,965	0,958	0,935	0,929
M2Mn	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
M2total	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
XMg	0,860	0,868	0,849	0,836	0,836	0,853	0,834	0,871	0,825	0,830	0,884	0,891
XFe ²⁺	0,120	0,108	0,126	0,137	0,144	0,129	0,140	0,112	0,151	0,143	0,094	0,089
XMn	0,003	0,005	0,004	0,004	0,003	0,004	0,004	0,003	0,004	0,004	0,004	0,004
XCa	0,014	0,016	0,020	0,019	0,015	0,012	0,017	0,012	0,017	0,020	0,014	0,014
XNa	0,003	0,003	0,001	0,005	0,002	0,002	0,005	0,001	0,002	0,002	0,003	0,000
Xtotal	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,999	0,999
#mg	0,925	0,930	0,927	0,928	0,926	0,923	0,926	0,927	0,921	0,926	0,921	0,918

Tabela 37- Composição química de ortopiroxênio em harzburgitos e dunitos com flogopita do corpo Indaiá 1.

Código da amostra	In1-1-1*	In1-1-2*	In1-1-3*	In1-1-4	In1-1-6	In1-1-7	In1-1-8	In1-1-9	In1-2-1	In1-2-2	In1-20b-2	In1-20b-3	In1-20b-4	In1-20b-5	In1-20b-6	
Tipo	harzburgito porfiróclástico com mosaico alterado			harzburgito porfiróclástico com mosaico alterado					flogopita dunito		harzburgito protogranular com bolsões de flogopita					
SiO ₂	56,09	56,79	56,63	58,12	57,66	58,07	57,82	56,32	57,34	57,71	57,61	57,48	57,50	57,78	57,63	
TiO ₂	0,28	0,27	0,29	0,16	0,00	0,10	0,17	0,22	0,18	0,22	0,26	0,04	0,00	0,00	0,00	
Al ₂ O ₃	1,28	1,22	1,20	0,96	1,22	1,28	1,24	1,54	0,23	0,18	1,21	1,46	1,63	1,27	1,44	
FeO	6,92	6,49	6,23	5,37	4,84	4,73	4,74	4,69	6,82	6,69	4,21	4,13	4,34	4,31	4,13	
MnO	0,12	0,15	0,11	0,09	0,10	0,12	0,11	0,12	0,20	0,17	0,09	0,08	0,13	0,09	0,11	
MgO	33,61	33,87	33,48	35,59	36,48	36,65	35,54	33,89	33,66	33,61	35,42	35,54	35,41	36,03	35,68	
CaO	1,67	1,47	1,41	0,90	0,28	0,26	0,66	1,27	0,53	0,62	0,67	0,48	0,38	0,39	0,32	
Na ₂ O	0,21	0,17	0,17	0,11	0,06	0,08	0,14	0,13	0,06	0,05	0,11	0,10	0,10	0,12	0,08	
K ₂ O	0,12	0,00	0,03	0,02	0,02	0,01	0,00	0,03	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	
Cr ₂ O ₃	0,64	0,67	0,64	0,34	0,35	0,35	0,46	0,89	0,23	0,26	0,34	0,36	0,46	0,34	0,43	
NiO	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
Total	100,94	101,09	100,18	101,64	101,01	101,64	100,87	99,10	99,24	99,50	99,91	99,68	99,95	100,33	99,85	
TSi	1,926	1,946	1,958	1,964	1,950	1,952	1,966	1,960	2,001	2,011	1,974	1,971	1,969	1,967	1,973	
TFe ³⁺	0,072	0,026	0,003	0,018	0,040	0,029	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,008	0,000	
TAI	0,002	0,028	0,039	0,018	0,010	0,018	0,034	0,040	0,000	0,000	0,026	0,029	0,031	0,025	0,027	
T total	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,001	2,011	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	
M2Al	0,050	0,021	0,010	0,020	0,039	0,033	0,015	0,023	0,009	0,007	0,023	0,030	0,035	0,026	0,032	
M2Cr	0,012	0,012	0,012	0,006	0,006	0,006	0,008	0,016	0,004	0,005	0,006	0,006	0,008	0,006	0,008	
M2Fe ³⁺	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
M2Ti	0,007	0,007	0,008	0,004	0,000	0,002	0,004	0,006	0,005	0,006	0,007	0,001	0,000	0,000	0,000	
M2Ni	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
M2Fe ²⁺	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
M2Mg	0,932	0,960	0,971	0,969	0,955	0,959	0,972	0,955	0,982	0,982	0,964	0,962	0,957	0,968	0,961	
M2Mn	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
M2total	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	
XMg	0,789	0,770	0,755	0,824	0,885	0,878	0,829	0,802	0,770	0,763	0,845	0,855	0,851	0,860	0,860	
XFe ²⁺	0,127	0,160	0,177	0,134	0,097	0,103	0,135	0,137	0,199	0,195	0,121	0,119	0,124	0,115	0,118	
XMn	0,004	0,004	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,004	0,006	0,005	0,003	0,002	0,004	0,003	0,003	
XCa	0,061	0,054	0,052	0,032	0,010	0,010	0,024	0,047	0,020	0,023	0,025	0,018	0,014	0,014	0,012	
XNa	0,014	0,011	0,011	0,007	0,004	0,005	0,009	0,009	0,004	0,003	0,007	0,007	0,007	0,008	0,005	
Xtotal	0,995	1,000	0,999	0,999	0,999	1,000	1,000	0,999	0,998	0,989	1,000	1,000	1,000	1,000	0,999	
#mg	0,897	0,903	0,905	0,922	0,931	0,933	0,930	0,928	0,898	0,900	0,938	0,939	0,936	0,937	0,939	

Tabela 38- Composição química de ortopiroxênio em harzburgitos e dunitos com flogopita do corpo Indaiá 1.

Código da amostra	Lm1-1-9a	Lm1-1-9b	Lm1-15-11	Lm1-15-1	Lm1-15-10	Lm1-26a-4b	Lm1-26a-4c	Lm1-26a-7c	Lm1-26a-7d	Lm1-26a-9	Lm1-28-9b	
	harzburgito com bolsões de flogopita e titanato		harzburgito com bolsões de flogopita			harzburgito com bolsões de flogopita						dunito com bolsões de flogopita
Tipo												
SiO ₂	56,46	55,62	57,25	57,98	57,49	55,55	55,31	54,80	55,55	56,39	58,04	
TiO ₂	0,31	0,28	0,00	0,01	0,02	0,13	0,17	0,24	0,22	0,22	0,04	
Al ₂ O ₃	0,33	0,39	1,31	0,32	0,09	0,43	0,33	0,35	0,35	0,35	0,07	
FeO	6,78	6,74	4,90	4,84	5,08	7,65	7,46	7,93	7,93	8,00	3,91	
MnO	0,11	0,19	0,11	0,16	0,14	0,15	0,17	0,09	0,18	0,23	0,05	
MgO	34,39	33,99	36,12	36,27	36,72	33,19	33,30	33,89	33,77	33,90	36,67	
CaO	0,89	0,89	0,22	0,40	0,48	0,81	0,82	0,71	0,81	0,76	0,88	
Na ₂ O	0,11	0,12	0,36	0,13	0,15	0,27	0,33	0,15	0,10	0,19	0,01	
K ₂ O	0,00	0,05	0,01	0,02	0,00	0,01	0,00	0,02	0,02	0,02	0,06	
Cr ₂ O ₃	0,31	0,32	0,29	0,27	0,27	0,36	0,33	0,26	0,27	0,39	0,24	
NiO	0,12	0,12	0,02	0,01	0,07	0,10	0,09	0,14	0,13	0,20	0,11	
Total	99,79	98,71	100,59	100,41	100,51	98,64	98,32	98,59	99,33	100,66	100,07	
TSi	1,955	1,947	1,941	1,974	1,953	1,941	1,947	1,924	1,939	1,945	1,978	
TFe ³⁺	0,045	0,053	0,059	0,026	0,047	0,048	0,053	0,076	0,061	0,055	0,022	
TAl	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
T total	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	
M2Al	0,013	0,016	0,053	0,013	0,004	0,018	0,014	0,014	0,014	0,014	0,003	
M2Cr	0,006	0,006	0,005	0,005	0,005	0,007	0,006	0,005	0,005	0,007	0,004	
M2Fe ³⁺	0,008	0,018	0,017	0,009	0,040	0,026	0,037	0,049	0,030	0,025	0,010	
M2Ti	0,008	0,007	0,000	0,000	0,000	0,003	0,005	0,006	0,006	0,006	0,001	
M2Ni	0,003	0,003	0,001	0,000	0,002	0,003	0,002	0,004	0,004	0,006	0,003	
M2Fe ²⁺	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
M2Mg	0,961	0,949	0,925	0,972	0,949	0,944	0,936	0,922	0,941	0,942	0,979	
M2Mn	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
M2total	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	
XMg	0,814	0,824	0,901	0,869	0,911	0,795	0,812	0,851	0,817	0,801	0,884	
XFe ²⁺	0,143	0,127	0,063	0,103	0,058	0,151	0,130	0,108	0,140	0,150	0,080	
XMn	0,003	0,006	0,003	0,005	0,004	0,004	0,005	0,003	0,005	0,007	0,001	
XCa	0,033	0,033	0,008	0,015	0,018	0,030	0,031	0,027	0,030	0,028	0,032	
XNa	0,007	0,008	0,024	0,008	0,010	0,018	0,022	0,010	0,007	0,013	0,001	
Xtotal	1,000	0,998	0,999	0,999	0,999	0,999	1,000	0,999	0,999	0,999	0,997	
#mg	0,900	0,900	0,929	0,930	0,928	0,886	0,888	0,884	0,884	0,883	0,944	

Tabela 39- Composição química de ortopiroxênio em flogopitito e harzburgitos com clinopiroxênio secundário do corpo Indaiá 1.

Código da amostra	In1-24b-2	In1-24b-3	In1-24b-4	In1-24b-5	In1-24b-6	In1-12-1	In1-12-2	In1-12-3	In1-12-4	Lm1-22-19a	Lm1-22-8a	Lm1-22-7a	Lm1-22-10
Tipo			flogopitito				harzburgito com bolsões de clinopiroxênio				flogopita dunito com clinopiroxênio secundário		
SiO ₂	57,68	54,20	58,26	57,43	57,82	57,88	57,18	58,69	57,66	57,34	55,68	56,33	56,16
TiO ₂	0,28	0,17	0,19	0,08	0,16	0,00	0,00	0,01	0,04	0,03	0,24	0,14	0,04
Al ₂ O ₃	0,28	0,31	0,21	0,26	0,25	0,11	1,00	0,26	1,24	0,00	0,14	0,17	0,32
FeO	9,06	8,53	9,32	8,70	9,42	4,78	4,60	4,94	4,92	5,36	7,36	6,70	6,94
MnO	0,23	0,17	0,17	0,14	0,19	0,14	0,13	0,10	0,12	0,12	0,12	0,10	0,23
MgO	33,26	31,71	32,99	33,24	32,75	37,43	37,08	37,25	36,47	35,64	33,53	34,23	34,15
CaO	0,72	1,43	0,68	0,49	0,60	0,27	0,20	0,17	0,16	0,22	0,70	0,62	0,61
Na ₂ O	0,09	0,38	0,09	0,12	0,09	0,04	0,04	0,01	0,01	0,01	0,18	0,00	0,00
K ₂ O	0,01	1,15	0,01	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,13	0,00	0,02
Cr ₂ O ₃	0,02	0,07	0,06	0,14	0,10	0,14	0,31	0,25	0,27	0,18	0,14	0,20	0,18
NiO	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0,10	0,14	0,01	0,12
Total	101,61	98,12	101,99	100,62	101,37	100,78	100,55	101,66	100,90	99,01	98,37	98,51	98,76
TSi	1,980	1,918	1,997	1,987	1,994	1,956	1,938	1,972	1,953	1,985	1,958	1,974	1,965
TFe ³⁺	0,019	0,082	0,000	0,013	0,000	0,044	0,062	0,028	0,031	0,015	0,042	0,026	0,035
TAl	0,001	0,000	0,003	0,000	0,006	0,000	0,000	0,000	0,016	0,000	0,000	0,000	0,000
T total	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000
M2Al	0,011	0,013	0,005	0,011	0,005	0,004	0,040	0,010	0,034	0,000	0,006	0,007	0,013
M2Cr	0,000	0,001	0,001	0,003	0,002	0,002	0,006	0,004	0,005	0,003	0,003	0,004	0,003
M2Fe ³⁺	0,000	0,134	0,000	0,000	0,000	0,036	0,011	0,007	0,000	0,005	0,035	0,002	0,013
M2Ti	0,007	0,005	0,005	0,002	0,004	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,006	0,004	0,001
M2Ni	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,003	0,004	0,000	0,003
M2Fe ²⁺	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
M2Mg	0,982	0,847	0,989	0,985	0,990	0,957	0,944	0,978	0,960	0,988	0,946	0,983	0,966
M2Mn	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
M2total	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
XMg	0,720	0,826	0,697	0,730	0,695	0,929	0,930	0,887	0,881	0,852	0,812	0,805	0,815
XFe ³⁺	0,241	0,036	0,267	0,239	0,272	0,055	0,057	0,103	0,108	0,135	0,140	0,169	0,155
XMn	0,007	0,005	0,005	0,004	0,005	0,004	0,004	0,003	0,004	0,004	0,004	0,003	0,007
XCa	0,026	0,054	0,025	0,018	0,022	0,010	0,007	0,006	0,006	0,008	0,027	0,023	0,023
XNa	0,006	0,026	0,006	0,008	0,006	0,003	0,002	0,000	0,001	0,000	0,012	0,000	0,000
Xtotal	1,000	0,948	0,999	0,999	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,994	1,000	0,999
#mg	0,867	0,869	0,863	0,872	0,861	0,933	0,935	0,931	0,930	0,922	0,890	0,901	0,898

Tabela 40- Composição química de ortopiroxênio em dunitos e harzburgitos sem espinelio do corpo Indaiá 1.

Código da amostra	In1-25a-6f	In-25a-7b	In1-33-9	In1-33-2	In1-33-1	In1-33-3	In1-33-9	Lm1-14-4a	Lm1-32-2e
	dunito porfiroclástico com mosaico		harzburgito porfiroclástico em mosaico (borda de cristal)	harzburgito porfiroclástico em mosaico (núcleo de cristal)	harzburgito porfiroclástico em mosaico (borda de cristal)	harzburgito porfiroclástico em mosaico (núcleo de cristal)	harzburgito porfiroclástico em mosaico (borda de cristal)	dunito protogranular	dunito porfiroclástico
Tipo									
SiO ₂	56,35	56,95	56,39	55,12	56,12	56,46	56,60	57,32	56,54
TiO ₂	0,17	0,20	0,22	0,24	0,28	0,26	0,24	0,16	0,17
Al ₂ O ₃	1,08	1,17	1,08	1,15	1,19	1,23	1,13	0,45	1,02
FeO	6,72	7,04	6,77	6,85	7,03	7,17	7,08	4,74	6,84
MnO	0,05	0,16	0,08	0,18	0,10	0,09	0,09	0,17	0,08
MgO	33,31	33,68	33,03	32,54	33,37	33,33	33,54	36,18	34,19
CaO	0,96	1,39	1,02	1,09	1,36	1,49	1,47	0,78	1,38
Na ₂ O	0,20	0,18	0,23	0,25	0,13	0,05	0,10	0,24	0,25
K ₂ O	0,00	0,02	0,00	0,37	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00
Cr ₂ O ₃	0,48	0,59	0,39	0,55	0,56	0,63	0,50	0,32	0,46
NiO	0,10	0,07	0,22	0,11	0,15	0,05	0,23	0,05	0,21
Total	99,42	101,44	99,43	98,44	100,30	100,77	100,98	100,42	101,14
TSi	1,963	1,948	1,966	1,942	1,942	1,948	1,946	1,951	1,933
TFe ³⁺	0,012	0,033	0,009	0,058	0,035	0,015	0,033	0,049	0,067
TAl	0,025	0,019	0,025	0,000	0,022	0,037	0,020	0,000	0,000
T total	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000
M2Al	0,019	0,028	0,020	0,048	0,026	0,013	0,025	0,018	0,041
M2Cr	0,009	0,011	0,007	0,010	0,010	0,012	0,009	0,006	0,008
M2Fe ³⁺	0,000	0,000	0,000	0,006	0,000	0,000	0,000	0,025	0,013
M2Ti	0,004	0,005	0,006	0,006	0,007	0,007	0,006	0,004	0,004
M2Ni	0,003	0,002	0,006	0,003	0,004	0,001	0,006	0,001	0,006
M2Fe ²⁺	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
M2Mg	0,965	0,955	0,961	0,927	0,952	0,967	0,953	0,946	0,927
M2Mn	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
M2total	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
XMg	0,765	0,763	0,756	0,782	0,770	0,747	0,766	0,890	0,816
XFe ²⁺	0,184	0,169	0,188	0,138	0,168	0,192	0,170	0,061	0,115
XMn	0,002	0,005	0,002	0,005	0,003	0,003	0,003	0,005	0,002
XCa	0,036	0,051	0,038	0,041	0,050	0,055	0,054	0,028	0,051
XNa	0,013	0,012	0,016	0,017	0,009	0,003	0,006	0,016	0,017
Xtotal	1,000	0,999	1,000	0,983	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
#mg	0,898	0,895	0,897	0,894	0,894	0,892	0,894	0,931	0,899

Tabela 41- Composição química de clinopiroxênio em lherzolitos e harzburgitos com espinélio do corpo Indaiá 1.

Código da amostra	In1-4-1	In1-4-2	In1-4-3	In1-4-4a	In1-4-4b	In1-4-5	In1-9-1	In1-9-2	In1-9-3	In1-9-4	In1-9-5	In1-9-6	In1-9-7	In1-9-8	In1-9-9
Tipo	lherzolito protogranular com espinélio						lherzolito protogranular com espinélio								
SiO ₂	53,47	52,56	52,61	52,47	52,78	53,37	53,68	53,40	53,46	53,13	53,65	53,51	53,42	52,72	53,75
TiO ₂	0,32	0,20	0,40	0,31	0,35	0,26	0,34	0,23	0,24	0,17	0,19	0,35	0,29	0,32	0,27
Al ₂ O ₃	6,11	7,10	6,46	6,73	5,97	6,49	4,46	4,29	4,09	3,79	3,96	3,71	3,69	4,24	4,24
FeO	1,76	2,03	2,00	2,07	1,77	1,87	1,43	1,53	1,42	1,36	1,48	1,34	1,41	1,42	1,47
MnO	0,09	0,08	0,11	0,05	0,06	0,09	0,04	0,05	0,04	0,07	0,08	0,05	0,05	0,07	0,08
MgO	14,65	15,08	14,86	14,64	14,50	14,37	14,78	14,62	14,80	15,11	14,92	16,53	16,23	15,86	15,61
CaO	21,99	21,32	21,94	21,86	22,61	22,33	22,62	22,35	22,24	22,69	22,59	23,05	22,55	22,84	22,47
Na ₂ O	1,77	1,67	1,69	1,67	1,65	1,68	1,36	1,66	1,51	1,35	1,42	1,40	1,47	1,47	1,64
K ₂ O	0,00	0,00	0,00	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02
Cr ₂ O ₃	0,90	1,14	1,01	1,06	0,89	1,00	0,77	0,99	0,85	0,61	0,92	0,65	0,73	0,83	0,86
NiO	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Total	101,06	101,16	101,07	100,86	100,58	101,46	99,46	99,11	98,65	98,26	99,21	100,60	99,82	99,78	100,41
TSi	1,914	1,877	1,883	1,883	1,900	1,906	1,957	1,952	1,963	1,956	1,961	1,916	1,929	1,907	1,933
TFe ³⁺	0,000	0,000	0,010	0,001	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,059	0,038	0,053	0,015
TAl	0,086	0,123	0,107	0,116	0,099	0,094	0,043	0,048	0,037	0,044	0,039	0,025	0,033	0,041	0,052
T total	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000
M2Al	0,172	0,176	0,165	0,168	0,155	0,179	0,148	0,137	0,140	0,120	0,131	0,132	0,124	0,140	0,127
M2Cr	0,017	0,021	0,019	0,020	0,017	0,019	0,015	0,019	0,016	0,012	0,018	0,012	0,014	0,016	0,016
M2Fe ³⁺	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
M2Ti	0,009	0,005	0,011	0,008	0,010	0,007	0,009	0,006	0,007	0,005	0,005	0,009	0,008	0,009	0,007
M2Ni	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
M2Fe ²⁺	0,021	0,000	0,012	0,021	0,041	0,030	0,024	0,041	0,027	0,035	0,033	0,000	0,000	0,000	0,012
M2Mg	0,782	0,803	0,793	0,783	0,778	0,765	0,803	0,797	0,810	0,829	0,813	0,882	0,874	0,855	0,837
M2Mn	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
M2total	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
XMg	0,000	0,006	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,036	0,019	0,020	0,000
XFe ²⁺	0,031	0,061	0,038	0,041	0,011	0,026	0,019	0,005	0,016	0,007	0,012	0,000	0,005	0,000	0,017
XMn	0,003	0,002	0,003	0,001	0,002	0,003	0,001	0,002	0,001	0,002	0,003	0,002	0,001	0,002	0,002
XCa	0,843	0,816	0,841	0,841	0,872	0,855	0,884	0,875	0,875	0,895	0,884	0,884	0,872	0,885	0,866
XNa	0,123	0,115	0,117	0,116	0,115	0,116	0,096	0,117	0,108	0,096	0,101	0,097	0,103	0,103	0,114
Xtotal	1,000	1,000	1,000	0,999	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,019	1,000	1,010	0,999
#mg	0,937	0,930	0,930	0,927	0,936	0,932	0,949	0,945	0,949	0,952	0,947	0,937	0,954	0,942	0,950
Ca/cr#	0,766	0,732	0,755	0,747	0,775	0,758	0,822	0,826	0,832	0,845	0,838	0,849	0,847	0,831	0,828
Cr#	0,062	0,067	0,065	0,066	0,062	0,064	0,072	0,093	0,085	0,067	0,094	0,073	0,081	0,080	0,083

Tabela 42- Composição química de clinopiroxênio em lherzolitos e harzburgitos com espinélio dos corpos Indaiá 1, Limeira 1 e Forca.

Código da amostra	In1-13a-1	In1-13a-2	In1-13a-3	In1-13a-4	In1-13b-1	In1-14a-1	In1-14a-2	In1-14a-3	In1-14a-4	In1-14a-5	In1-14a-6	Lm1-17b-7	L1-17a-12	Lm1-17-4	Fo-2-26	Fo-2-27	Fo-2-22	Fo-1-20a	Fo-6-24
Tipo	lherzolito protogranular com espinélio					lherzolito protogranular com espinélio						harzburgito protogranular com espinélio			borda espinélio lherzolito	centro espinélio lherzolito	harzburgito	espinélio harzburgito centro	
SiO ₂	52,85	52,91	52,94	52,66	53,12	53,71	53,81	52,85	54,25	51,32	54,26	51,71	52,22	52,97	52,62	51,39	52,53	52,65	52,57
TiO ₂	0,40	0,46	0,36	0,30	0,03	0,21	0,27	0,15	0,25	0,27	0,30	0,01	0,07	0,00	0,12	0,10	0,17	0,14	0,08
Al ₂ O ₃	3,78	3,87	3,95	3,68	3,39	3,80	3,61	4,46	4,03	6,50	3,79	5,73	5,52	5,07	3,17	3,00	3,83	0,96	3,95
FeO	1,39	1,61	1,45	1,32	1,47	1,61	1,45	1,61	1,48	1,75	1,32	1,76	1,67	2,04	1,26	1,42	1,26	2,59	1,21
MnO	0,04	0,05	0,05	0,06	0,05	0,06	0,05	0,05	0,06	0,07	0,07	0,10	0,15	0,08	0,12	0,00	0,05	0,11	0,07
MgO	16,03	15,90	15,76	15,84	16,50	14,89	14,85	15,31	14,83	15,19	14,74	15,33	15,19	15,58	16,56	16,42	16,05	18,08	16,40
CaO	22,74	22,27	21,82	22,59	23,11	22,69	23,03	22,63	22,80	21,76	22,54	22,23	22,32	19,62	24,29	23,94	23,48	22,49	22,71
Na ₂ O	1,53	1,56	1,48	1,60	1,27	1,34	1,45	1,26	1,48	1,37	1,52	1,29	1,30	1,38	0,95	0,97	1,16	1,24	1,38
K ₂ O	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09	0,01	0,00	0,00	0,02	0,02	0,02	0,03
Cr ₂ O ₃	1,36	1,39	1,36	1,40	1,20	0,75	0,87	0,92	0,84	1,30	0,87	0,98	0,92	0,91	0,90	0,60	1,05	1,02	1,20
NiO	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0,00	0,02	0,03	0,01	0,00	0,02	0,12	0,09
Total	100,12	100,03	99,19	99,43	100,13	99,04	99,39	99,24	100,02	99,54	99,41	97,96	98,08	97,69	99,05	97,85	98,47	98,16	98,33
TSi	1,909	1,915	1,932	1,915	1,917	1,967	1,964	1,929	1,967	1,866	1,979	1,883	1,901	1,959	1,902	1,894	1,907	1,910	1,902
TFe ³⁺	0,042	0,024	0,000	0,042	0,052	0,000	0,000	0,000	0,000	0,009	0,000	0,036	0,005	0,000	0,078	0,106	0,046	0,090	0,065
TAl	0,049	0,062	0,068	0,043	0,031	0,033	0,036	0,071	0,033	0,125	0,021	0,081	0,094	0,041	0,020	0,000	0,047	0,000	0,033
T total	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000
M2Al	0,112	0,103	0,102	0,114	0,113	0,131	0,119	0,120	0,139	0,154	0,142	0,165	0,143	0,180	0,115	0,130	0,116	0,041	0,135
M2Cr	0,026	0,027	0,026	0,027	0,023	0,014	0,017	0,018	0,016	0,025	0,017	0,019	0,018	0,018	0,017	0,012	0,020	0,020	0,023
M2Fe ³⁺	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,011	0,000	0,081	0,000
M2Ti	0,011	0,012	0,010	0,008	0,001	0,006	0,007	0,004	0,007	0,007	0,008	0,000	0,002	0,000	0,003	0,003	0,005	0,004	0,002
M2Ni	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000	0,000	0,001	0,003	0,003
M2Fe ²⁺	0,000	0,000	0,005	0,000	0,000	0,036	0,044	0,025	0,036	0,000	0,031	0,000	0,012	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
M2Mg	0,863	0,858	0,857	0,858	0,887	0,813	0,808	0,833	0,801	0,823	0,802	0,832	0,825	0,859	0,893	0,902	0,869	0,978	0,884
M2Mn	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
M2total	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,997	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,029	1,058	1,000	1,000	1,000
XMg	0,012	0,000	0,000	0,008	0,024	0,000	0,000	0,000	0,000	0,009	0,000	0,016	0,000	0,058	0,000	0,000	0,010	0,126	0,000
XFe ²⁺	0,000	0,025	0,039	0,000	0,000	0,013	0,000	0,024	0,008	0,044	0,009	0,018	0,033	0,063	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
XMn	0,001	0,002	0,002	0,002	0,001	0,002	0,000	0,002	0,002	0,002	0,002	0,003	0,005	0,002	0,004	0,000	0,002	0,003	0,002
XCa	0,880	0,864	0,853	0,880	0,894	0,890	0,901	0,885	0,886	0,848	0,881	0,867	0,870	0,778	0,941	0,946	0,913	0,874	0,880
XNa	0,107	0,110	0,105	0,113	0,089	0,095	0,103	0,089	0,104	0,097	0,108	0,091	0,092	0,099	0,067	0,069	0,082	0,087	0,097
Xtotal	1,000	1,000	0,999	1,002	1,008	1,000	1,003	1,000	1,000	1,000	1,000	0,095	1,000	1,000	1,011	1,015	1,006	1,091	1,027
mg#	0,953	0,946	0,951	0,953	0,944	0,943	0,948	0,944	0,947	0,939	0,952	0,939	0,942	0,932	0,919	0,885	0,950	0,852	0,931
Ca/ca+Al	0,846	0,839	0,834	0,848	0,861	0,845	0,853	0,822	0,837	0,753	0,844	0,779	0,786	0,779	0,875	0,879	0,848	0,955	0,839
Cr#	0,139	0,139	0,133	0,146	0,137	0,081	0,097	0,085	0,085	0,082	0,093	0,071	0,069	0,075	0,113	0,083	0,109	0,323	0,119

Tabela 43- Composição química de clinopiroxênio em dunitos e harzburgitos com Cr-espinélio dos corpos Indaiá 1, Limeira 1 e Forca.

Código da amostra	In1-3-1	In1-3-2	In1-3-3	In1-3-4	In1-3-5	In1-3-6	In1-3-7	Lm1-20a-14	Lm1-20a-15	Lm1-20a-17	Lm1-20b-7	Lm1-20b-23	Lm1-20b-23b	Lm1-30-10b	Lm1-30-8	Lm1-30-4b	Lm1-36-7b	In1-50-9
	harzburgito granoblástico com Cr-espinélio							harzburgito granoblástico com Cr-espinélio			harzburgito granoblástico com Cr-espinélio			harzburgito com Cr-espinélio		harzburgito com Cr-sp e anfibólio		
Tipo																		
SiO ₂	52,75	53,69	53,29	53,62	54,03	54,03	53,12	52,37	52,57	53,58	54,15	53,11	54,80	53,47	52,52	53,12	53,85	51,57
TiO ₂	0,07	0,06	0,03	0,10	0,00	0,00	0,04	0,08	0,02	0,00	0,00	0,07	0,05	0,06	0,04	0,00	0,02	2,08
Al ₂ O ₃	2,10	1,86	1,96	2,22	2,06	2,13	2,13	3,09	3,31	3,52	3,25	3,70	2,65	2,48	2,51	1,53	1,89	3,79
FeO	1,70	1,54	1,55	1,79	1,38	1,59	1,73	1,46	1,94	1,67	1,65	1,39	1,42	1,65	1,77	2,13	1,56	1,41
MnO	0,05	0,05	0,04	0,11	0,07	0,02	0,07	0,02	0,10	0,09	0,09	0,00	0,03	0,08	0,00	0,04	0,09	0,00
MgO	17,76	18,16	17,45	18,37	17,63	17,57	17,62	16,28	16,40	16,37	16,47	15,93	17,28	17,06	16,92	18,92	17,14	15,52
CaO	22,14	21,73	23,05	22,18	23,31	23,34	22,42	23,56	23,07	22,85	23,26	22,82	23,41	22,28	22,07	20,17	22,64	21,82
Na ₂ O	0,76	0,76	0,90	0,82	0,70	0,75	0,73	1,10	1,02	1,28	1,09	1,29	1,01	0,70	0,74	0,33	0,85	0,44
K ₂ O	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,02	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	1,61	0,03	0,03
Cr ₂ O ₃	1,01	0,86	0,87	1,09	0,91	0,96	1,04	1,03	0,99	1,06	1,30	1,24	0,81	0,72	0,84	0,35	0,97	1,84
NiO	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0,02	0,10	0,01	0,11	0,01	0,11	0,08	0,02	0,00	0,00	0,00
Total	98,35	98,71	99,14	100,30	100,10	100,40	98,90	99,02	98,51	99,18	100,28	98,27	100,58	97,87	97,43	98,20	98,18	98,52
TSi	1,937	1,961	1,940	1,929	1,951	1,946	1,942	1,913	1,912	1,928	1,937	1,930	1,948	1,962	1,950	1,942	1,968	1,925
TFe ³⁺	0,038	0,008	0,058	0,049	0,016	0,025	0,025	0,066	0,057	0,035	0,002	0,008	0,023	0,000	0,001	0,058	0,000	0,000
TAl	0,026	0,031	0,003	0,023	0,033	0,029	0,033	0,021	0,030	0,037	0,060	0,061	0,029	0,038	0,049	0,000	0,032	0,075
T total	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000
M2Al	0,065	0,048	0,081	0,071	0,055	0,061	0,058	0,112	0,112	0,112	0,077	0,097	0,082	0,070	0,060	0,066	0,049	0,091
M2Cr	0,019	0,017	0,017	0,021	0,017	0,018	0,020	0,020	0,019	0,020	0,024	0,024	0,015	0,014	0,016	0,007	0,019	0,036
M2Fe ³⁺	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,074	0,000	0,058
M2Ti	0,002	0,002	0,001	0,003	0,000	0,000	0,001	0,002	0,001	0,000	0,000	0,002	0,001	0,002	0,001	0,000	0,001	0,011
M2Ni	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,003	0,000	0,003	0,000	0,003	0,002	0,001	0,000	0,000	0,000
M2Fe ²⁺	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,017	0,013	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
M2Mg	0,972	0,988	0,947	0,985	0,949	0,943	0,960	0,886	0,889	0,878	0,878	0,863	0,916	0,933	0,936	0,853	0,934	0,814
M2Mn	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
M2total	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
XMg	0,058	0,055	0,046	0,080	0,021	0,023	0,040	0,021	0,023	0,010	0,000	0,000	0,017	0,021	0,015	0,177	0,002	0,050
XFe ²⁺	0,015	0,039	0,000	0,005	0,026	0,023	0,028	0,000	0,002	0,016	0,030	0,021	0,019	0,051	0,054	0,000	0,048	0,044
XMn	0,002	0,002	0,001	0,003	0,002	0,001	0,002	0,000	0,003	0,003	0,003	0,000	0,001	0,002	0,000	0,001	0,003	0,000
XCa	0,871	0,850	0,899	0,855	0,902	0,901	0,878	0,922	0,899	0,881	0,892	0,889	0,892	0,876	0,878	0,790	0,886	0,873
XNa	0,054	0,054	0,064	0,057	0,049	0,052	0,052	0,078	0,072	0,089	0,076	0,091	0,070	0,050	0,053	0,023	0,060	0,032
Xtotal	1,000	1,000	1,010	1,000	1,000	1,000	1,000	1,022	0,999	0,999	1,000	1,000	0,999	1,000	1,000	0,992	0,999	0,999
#mg	0,949	0,955	0,943	0,948	0,958	0,952	0,948	0,931	0,938	0,946	0,947	0,953	0,956	0,949	0,945	0,886	0,951	0,951
Ca/Ca+Al	0,905	0,914	0,915	0,901	0,911	0,909	0,905	0,874	0,864	0,855	0,867	0,849	0,889	0,891	0,889	0,923	0,916	0,840
Cr#	0,176	0,172	0,165	0,180	0,165	0,168	0,179	0,129	0,118	0,119	0,151	0,130	0,120	0,115	0,130	0,092	0,187	0,179

Tabela 44- Composição química de clinopiroxênio em harzburgitos e dunitos com flogopita dos corpos Indaiá 1 e Limeira 1.

Código da amostra	In1-1-1	In1-2-1	In1-2-2	In1-2-3	In1-2-4	In1-2-5	In1-2-6	Lm1-1-4c	Lm1-1-4d	Lm1-1-10	Lm1-26a-5	Lm1-26a-3d	Lm1-26a-12	Lm1-26a-14	Lm1-26a-13	Lm1-28-9c
Tipo	Harzburgito porfiroclástico			flogopita dunito				harzburgito com bolsões de flogopita e titanato			harzburgito com bolsões de flogopita				dunito com bolsões de flogopita	
SiO ₂	53,24	54,94	54,88	55,63	54,91	55,53	54,79	54,61	54,34	51,53	53,77	52,46	52,20	51,67	51,36	54,28
TiO ₂	1,46	0,33	0,27	0,19	0,30	0,17	0,51	0,34	0,31	0,43	0,33	0,26	0,30	0,26	0,29	0,12
Al ₂ O ₃	0,30	0,36	0,42	0,41	0,67	0,40	0,22	0,80	0,79	0,76	0,55	0,63	0,78	0,71	0,62	0,03
FeO	5,18	3,11	3,03	2,81	3,16	2,95	2,69	3,60	3,14	3,55	3,64	3,87	3,95	4,36	3,72	1,84
MnO	0,13	0,07	0,11	0,13	0,15	0,09	0,04	0,05	0,03	0,15	0,15	0,17	0,17	0,03	0,08	0,08
MgO	18,01	17,45	17,56	17,81	17,75	17,74	17,62	18,11	17,77	17,64	17,29	17,40	17,51	17,48	17,34	17,90
CaO	20,57	21,51	21,16	21,67	21,58	21,32	23,96	20,78	20,57	20,70	20,88	21,16	20,87	20,75	21,02	24,86
Na ₂ O	0,80	1,07	1,03	0,98	1,01	1,10	0,58	1,45	1,44	1,25	1,35	1,35	1,31	1,26	1,63	0,44
K ₂ O	0,00	0,01	0,00	0,02	0,03	0,02	0,22	0,04	0,01	0,02	0,00	0,03	0,03	0,02	0,00	0,02
Cr ₂ O ₃	0,10	1,80	1,34	1,51	1,42	1,77	0,11	1,85	1,87	1,14	2,13	1,43	1,29	1,35	2,08	0,24
NiO	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0,13	0,09	0,09	0,10	0,10	0,03	0,04	0,03	0,00
Total	99,80	100,65	99,80	101,16	100,96	101,08	100,74	100,32	98,91	97,27	98,85	98,85	98,42	97,94	98,18	99,79
TSi	1,943	1,991	2,000	2,001	1,979	2,000	1,972	1,949	1,966	1,918	1,959	1,928	1,924	1,916	1,900	1,968
TFe ³⁺	0,057	0,000	0,000	0,000	0,003	0,000	0,028	0,051	0,029	0,082	0,034	0,072	0,076	0,084	0,100	0,032
TAI	0,000	0,009	0,000	0,000	0,019	0,000	0,000	0,000	0,004	0,000	0,007	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
T total	2,000	2,000	2,000	2,001	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000
M2Al	0,013	0,007	0,018	0,017	0,010	0,017	0,009	0,033	0,029	0,033	0,016	0,027	0,034	0,031	0,027	0,001
M2Cr	0,002	0,034	0,026	0,029	0,027	0,034	0,002	0,035	0,036	0,022	0,041	0,028	0,025	0,026	0,040	0,005
M2Fe ³⁺	0,016	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,037	0,014	0,000	0,060	0,000	0,058	0,058	0,064	0,073	0,044
M2Ti	0,040	0,009	0,007	0,005	0,008	0,005	0,014	0,009	0,008	0,012	0,009	0,007	0,008	0,007	0,008	0,003
M2Ni	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,004	0,003	0,003	0,003	0,003	0,001	0,001	0,001	0,000
M2Fe ²⁺	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
M2Mg	0,980	0,943	0,954	0,955	0,953	0,952	0,946	0,964	0,959	0,979	0,939	0,953	0,962	0,966	0,956	0,967
M2Mn	0,000	0,002	0,000	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
M2total	1,000	0,995	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,020
XMg	0,050	0,000	0,005	0,006	0,000	0,008	0,008	0,059	0,034	0,109	0,008	0,077	0,088	0,016	0,106	0,000
XFe ²⁺	0,085	0,094	0,092	0,085	0,093	0,089	0,016	0,043	0,066	0,000	0,077	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
XMn	0,004	0,000	0,003	0,004	0,002	0,003	0,001	0,002	0,001	0,005	0,005	0,005	0,005	0,001	0,003	0,002
XCa	0,804	0,835	0,826	0,835	0,833	0,823	0,924	0,795	0,798	0,826	0,815	0,833	0,824	0,824	0,833	0,966
XNa	0,056	0,075	0,073	0,068	0,071	0,077	0,041	0,100	0,101	0,090	0,095	0,096	0,094	0,091	0,117	0,031
Xtotal	1,000	1,004	1,000	0,998	0,999	0,999	0,990	0,998	0,999	1,030	1,000	1,001	1,011	1,012	1,059	0,999
#mg	0,861	0,909	0,912	0,919	0,909	0,915	0,921	0,900	0,910	0,874	0,894	0,879	0,878	0,867	0,847	0,927
Ca/Ca+Al	0,984	0,982	0,979	0,980	0,967	0,980	0,990	0,960	0,960	0,961	0,972	0,968	0,961	0,964	0,968	0,999
Cr#	0,126	0,691	0,590	0,625	0,488	0,665	0,185	0,510	0,515	0,402	0,634	0,505	0,426	0,459	0,599	0,810

Tabela 45- Composição química de clinopiroxênio secundário em peridotitos dos corpos Indaiá 1 e Limeira 1.

Código da amostra	In1-6-1	In1-6-2	In1-6-3	In1-6-4	In1-12-1	In1-12-2	In1-12-3	In1-12-4	In1-12-5	Lm1-38-11a	Lm1-38-4	Lm1-22-19b	Lm1-22-16b	Lm1-22-14b	Lm1-22-3	Lm1-22-4
Tipo	flogopita ilmenita wehrlito				harzburgito com bolsões de clinopiroxênio					wehrlito com ilmenita e flogopita		dunito com flogopita e clinopiroxênio secundários				
SiO ₂	54,21	54,44	54,34	54,20	54,44	54,27	54,41	54,54	54,11	54,23	53,82	54,54	54,39	52,71	53,79	52,93
TiO ₂	0,12	0,26	0,16	0,05	0,04	0,10	0,00	0,04	0,06	0,16	0,09	0,13	0,29	0,30	0,22	0,18
Al ₂ O ₃	0,29	0,22	0,29	0,28	1,08	0,94	0,68	0,58	0,27	0,32	0,17	0,42	0,00	0,05	0,48	0,31
FeO	4,40	4,35	4,28	4,18	2,64	2,36	2,24	2,27	1,94	2,49	3,05	2,92	3,00	3,42	2,83	3,21
MnO	0,10	0,18	0,11	0,14	0,12	0,11	0,04	0,07	0,07	0,06	0,13	0,08	0,01	0,09	0,04	0,21
MgO	17,16	17,13	17,31	17,29	16,44	15,85	16,00	16,62	16,67	18,27	17,68	17,61	17,68	20,34	17,54	17,67
CaO	22,06	21,58	22,39	22,14	19,28	20,48	20,19	21,79	21,90	23,06	23,15	21,31	23,12	20,76	21,32	20,91
Na ₂ O	0,75	0,75	0,76	0,74	2,32	2,55	2,33	1,83	1,66	0,71	0,96	0,89	0,68	0,67	0,76	0,85
K ₂ O	0,04	0,04	0,01	0,01	0,00	0,00	0,02	0,08	0,01	0,01	0,00	0,02	0,19	0,09	0,01	0,03
Cr ₂ O ₃	0,47	0,50	0,40	0,48	2,88	3,53	3,91	2,66	2,85	0,62	1,47	1,65	0,33	0,23	1,10	0,83
NiO	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0,05	0,00	0,00	0,00	0,04	0,08	0,13
Total	99,60	99,45	100,05	99,50	99,24	100,18	99,82	100,47	99,52	99,97	100,51	99,57	99,70	98,70	98,18	97,27
TSi	1,983	1,996	1,977	1,982	1,994	1,975	1,993	1,976	1,982	1,962	1,948	1,995	1,978	1,916	1,991	1,974
TFe ³⁺	0,017	0,004	0,023	0,018	0,000	0,014	0,000	0,024	0,001	0,038	0,052	0,000	0,022	0,084	0,000	0,026
TAI	0,000	0,000	0,000	0,000	0,006	0,011	0,007	0,000	0,012	0,000	0,000	0,005	0,000	0,000	0,009	0,000
T total	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	1,995	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000
M2Al	0,013	0,010	0,013	0,012	0,040	0,030	0,022	0,025	0,000	0,013	0,007	0,013	0,000	0,002	0,012	0,014
M2Cr	0,009	0,010	0,008	0,009	0,056	0,068	0,076	0,051	0,055	0,012	0,028	0,032	0,006	0,004	0,021	0,016
M2Fe ³⁺	0,031	0,011	0,037	0,032	0,000	0,000	0,000	0,002	0,000	0,036	0,037	0,000	0,047	0,107	0,000	0,024
M2Ti	0,003	0,007	0,004	0,001	0,001	0,003	0,000	0,001	0,002	0,004	0,002	0,004	0,008	0,008	0,006	0,005
M2Ni	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,001	0,003	0,004
M2Fe ²⁺	0,000	0,000	0,000	0,000	0,006	0,040	0,028	0,023	0,033	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
M2Mg	0,935	0,936	0,939	0,943	0,898	0,860	0,874	0,898	0,910	0,985	0,954	0,960	0,959	0,877	0,968	0,982
M2Mn	0,003	0,005	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
M2total	0,994	0,979	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
XMg	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,053	0,029	0,009	0,020	0,225	0,010	0,046
XFe ²⁺	0,086	0,118	0,070	0,078	0,075	0,018	0,040	0,020	0,025	0,002	0,002	0,089	0,022	0,000	0,088	0,050
XMn	0,000	0,000	0,003	0,002	0,004	0,003	0,001	0,002	0,002	0,002	0,004	0,002	0,000	0,003	0,001	0,007
XCa	0,864	0,848	0,872	0,868	0,756	0,799	0,792	0,846	0,860	0,894	0,898	0,835	0,901	0,808	0,846	0,835
XNa	0,053	0,053	0,054	0,052	0,165	0,180	0,165	0,128	0,118	0,050	0,067	0,063	0,048	0,047	0,055	0,062
Xtotal	1,004	1,019	0,999	1,000	1,000	1,000	0,999	0,996	1,005	1,000	1,000	0,999	0,991	1,083	0,999	0,999
#mg	0,874	0,875	0,878	0,880	0,917	0,923	0,927	0,929	0,939	0,929	0,912	0,915	0,913	0,852	0,917	0,907
Ca/ca+Al	0,986	0,989	0,986	0,986	0,942	0,952	0,964	0,972	0,987	0,985	0,992	0,979	1,000	0,997	0,976	0,984
Cr#	0,418	0,501	0,380	0,438	0,543	0,625	0,720	0,673	0,827	0,469	0,792	0,639	1,000	0,681	0,507	0,546

Tabela 46- Composição química de clinopiroxênio em xenólitos crustais e em reações com carbonato (nódulos esverdeados) nos corpos Indaiá 1 e Limeira 1 e Forca.

Código da amostra	Lm1-27-3	In1-20d-7b	In1-20d-9c	In1-20d-2a	In1-20d-6a	In1-11-7c	Lm1-25-1	Lm1-25-1i	Lm1-25-1f	Lm1-25-2e	Lm1-25-12	Lm1-25-10b	Lm1-25-11c
	granito	contato com reação de magma com granito					nódulo esverdeado	nódulo esverdeado					
Tipo													
SiO ₂	52,82	54,23	54,66	52,93	52,23	52,72	52,96	52,47	53,71	52,16	52,11	51,22	50,00
TiO ₂	0,98	0,56	0,12	0,98	0,38	0,98	1,23	1,15	0,80	0,92	0,81	1,22	1,73
Al ₂ O ₃	0,31	0,32	0,24	0,36	0,32	0,52	0,29	0,68	0,32	0,60	0,67	0,44	2,23
FeO	3,90	1,45	2,96	4,16	2,26	4,58	2,44	4,23	3,56	4,32	4,73	4,65	4,78
MnO	0,11	0,02	0,24	0,10	0,02	0,15	0,00	0,04	0,15	0,05	0,13	0,11	0,10
MgO	16,18	17,74	16,86	15,99	17,49	15,96	16,87	16,00	16,68	15,80	15,99	15,75	15,25
CaO	22,94	23,78	23,49	24,06	24,92	24,21	23,88	23,89	23,77	24,21	23,85	23,69	23,93
Na ₂ O	1,00	0,44	0,72	1,24	0,36	0,86	0,92	0,85	0,82	0,81	0,98	0,98	0,97
K ₂ O	0,00	0,03	0,01	0,04	0,11	0,04	0,00	0,00	0,03	0,07	0,06	0,02	0,98
Cr ₂ O ₃	0,00	0,07	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,12	0,02	0,04	0,12	0,02
NiO	0,05	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	0,07	0,01	0,00	0,09	0,08	0,01
Total	98,30	98,28	98,62	98,62	98,09	100,03	98,68	99,37	99,97	98,95	99,47	98,28	100,02
TSi	1,957	1,987	1,998	1,929	1,927	1,926	1,946	1,928	1,956	1,925	1,912	1,905	1,826
TFe ³⁺	0,043	0,011	0,002	0,071	0,073	0,074	0,054	0,072	0,044	0,075	0,088	0,095	0,174
TAl	0,000	0,003	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
T total	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000
M2Al	0,014	0,012	0,011	0,016	0,014	0,023	0,013	0,030	0,014	0,026	0,029	0,019	0,096
M2Cr	0,000	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,000	0,001	0,002	0,000
M2Fe ³⁺	0,046	0,000	0,035	0,091	0,069	0,061	0,039	0,039	0,040	0,057	0,085	0,074	0,096
M2Ti	0,027	0,015	0,003	0,027	0,011	0,027	0,034	0,032	0,022	0,026	0,022	0,034	0,048
M2Ni	0,002	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,002	0,000	0,000	0,003	0,003	0,000
M2Fe ²⁺	0,017	0,000	0,032	0,000	0,000	0,006	0,000	0,019	0,016	0,001	0,000	0,000	0,000
M2Mg	0,894	0,969	0,919	0,869	0,962	0,869	0,924	0,877	0,906	0,870	0,875	0,873	0,830
M2Mn	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,005	0,000	0,001	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000
M2total	1,000	1,000	1,000	1,002	1,055	0,989	1,012	0,999	1,000	0,982	1,014	1,005	1,071
XMg	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
XFe ²⁺	0,014	0,034	0,021	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,008	0,000	0,000	0,000	0,000
XMn	0,004	0,000	0,008	0,003	0,001	0,000	0,000	0,000	0,005	0,000	0,004	0,004	0,003
XCa	0,911	0,934	0,920	0,940	0,985	0,948	0,940	0,941	0,928	0,958	0,938	0,944	0,936
XNa	0,072	0,031	0,051	0,088	0,026	0,061	0,065	0,060	0,058	0,058	0,070	0,071	0,069
Xtotal	1,000	0,999	1,000	1,030	1,011	1,009	1,005	1,001	0,999	1,015	1,011	1,018	1,008
#mg	0,881	0,956	0,910	0,843	0,872	0,861	0,909	0,871	0,893	0,867	0,834	0,838	0,754
Ca/ca+Al	0,985	0,985	0,989	0,984	0,986	0,977	0,987	0,970	0,985	0,974	0,970	0,980	0,907
Cr#	0,000	0,087	0,055	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,140	0,018	0,023	0,110	0,005

Tabela 47- Composição química de clinopiroxênio em dunitos, piroxenitos e megacristal nos corpos Indaiá 1, Limeira 1 e Forca.

Código da amostra	Fo-3-5	Fo-3-4	Fo-3-1	Lm1-14b	Lm1-14b	Lm1-14-13c	Lm1-14-13d	Lm1-40-10a	Lm1-40-7	Lm1-41-4b	Lm1-29-3b	In1-33-8b	Lm1-32-2h	In1-20a-8e
Tipo	megacristal			piroxenito				piroxenito		dunito	dunito	harzburgito porfiróclástico em mosaico	dunito porfiróclástico	macrocristal
SiO ₂	52,97	52,40	51,91	47,93	47,60	47,93	47,60	53,66	52,93	54,22	53,71	54,00	53,35	54,25
TiO ₂	0,63	0,64	0,60	1,13	1,14	1,13	1,14	0,09	0,31	0,16	0,34	0,76	0,26	0,37
Al ₂ O ₃	2,14	2,20	1,92	8,50	8,34	8,50	8,34	0,08	0,13	0,21	2,27	0,31	0,70	0,16
FeO	6,42	6,52	6,38	6,24	6,25	6,24	6,25	1,27	4,52	3,19	3,87	4,58	1,79	1,30
MnO	0,24	0,15	0,19	0,12	0,27	0,12	0,27	0,09	0,11	0,12	0,08	0,11	0,00	0,00
MgO	18,46	18,15	18,22	12,20	12,21	12,20	12,21	18,15	16,04	17,63	16,63	18,05	18,29	17,51
CaO	17,34	17,20	16,85	22,88	22,67	22,88	22,67	24,25	24,17	21,45	20,41	20,34	22,17	25,39
Na ₂ O	1,40	1,35	1,25	1,13	1,36	1,13	1,36	0,30	0,59	0,74	1,73	0,89	0,72	0,35
K ₂ O	0,01	0,03	0,00	0,04	0,01	0,04	0,01	0,06	0,03	0,04	0,00	0,03	0,60	0,09
Cr ₂ O ₃	0,41	0,47	0,45	0,24	0,35	0,24	0,35	0,00	0,00	0,93	1,82	0,68	0,56	0,01
NiO	0,00	0,00	0,03	0,00	0,02	0,00	0,02	0,00	0,00	0,09	0,18	0,08	0,04	0,04
Total	98,63	97,77	97,80	100,43	100,20	100,43	100,20	97,96	98,84	98,78	99,32	98,94	97,76	99,47
TSi	1,916	1,915	1,922	1,756	1,746	1,756	1,746	1,975	1,957	1,996	1,934	1,968	1,951	1,974
TFe ³⁺	0,084	0,085	0,078	0,130	0,166	0,130	0,166	0,025	0,043	0,000	0,050	0,032	0,049	0,026
TAl	0,000	0,000	0,000	0,115	0,089	0,115	0,089	0,000	0,000	0,004	0,015	0,000	0,000	0,000
T total	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000
M2Al	0,091	0,095	0,084	0,252	0,272	0,252	0,272	0,004	0,006	0,005	0,081	0,013	0,030	0,007
M2Cr	0,008	0,009	0,009	0,005	0,007	0,005	0,007	0,000	0,000	0,018	0,035	0,013	0,011	0,000
M2Fe ³⁺	0,037	0,029	0,028	0,000	0,000	0,000	0,000	0,040	0,063	0,000	0,000	0,008	0,056	0,028
M2Ti	0,017	0,018	0,017	0,031	0,031	0,031	0,031	0,002	0,009	0,004	0,009	0,021	0,007	0,010
M2Ni	0,000	0,000	0,001	0,000	0,001	0,000	0,001	0,000	0,000	0,003	0,005	0,002	0,001	0,001
M2Fe ²⁺	0,000	0,000	0,000	0,045	0,022	0,045	0,022	0,000	0,034	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
M2Mg	0,995	0,989	0,861	0,666	0,667	0,666	0,667	0,996	0,884	0,968	0,893	0,981	0,997	0,950
M2Mn	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,003	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000
M2total	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,999	1,000	1,000	1,000	1,000	0,996
XMg	0,148	0,139	0,144	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,023	0,039	0,103	0,000
XFe ²⁺	0,074	0,086	0,092	0,016	0,004	0,016	0,004	0,000	0,000	0,098	0,066	0,100	0,000	0,000
XMn	0,007	0,005	0,006	0,004	0,008	0,004	0,008	0,003	0,000	0,001	0,002	0,003	0,000	0,000
XCa	0,672	0,673	0,669	0,898	0,891	0,898	0,891	0,956	0,958	0,846	0,788	0,794	0,869	0,990
XNa	0,098	0,095	0,089	0,080	0,097	0,080	0,097	0,022	0,042	0,053	0,121	0,063	0,051	0,025
Xtotal	0,999	0,998	1,000	0,998	1,000	0,998	1,000	1,024	1,000	0,998	1,000	0,999	1,022	1,015
#mg	0,837	0,832	0,836	0,777	0,777	0,777	0,777	0,939	0,863	0,908	0,884	0,875	0,905	0,946
Ca/ca+Al	0,881	0,877	0,888	0,710	0,712	0,710	0,712	0,996	0,994	0,989	0,891	0,984	0,966	0,993
Cr#	0,080	0,088	0,095	0,013	0,018	0,013	0,018	0,000	0,000	0,662	0,265	0,498	0,262	0,033

Tabela 48- Composição química de clinopiroxênio em nódulos ou na matriz dos corpos Indaiá 2 e Facão.

Código da amostra	In2-1-9	In2-1-17	In2-1-12	In2-1-31a	In2-1-34	Fac-1-1	Fac-2-1	Fac-2-2	Fac-2-2b	Fac-4-1a	Fac-5-6a	Fac-5-6b	Fac-5-6c	Fac-5-10	Fac-5-10b	Fac-5-10c	Fac-5-12	Fac-6-5	Fac-6-18	Fac-6-20	Fac-8-5	
	matriz		matriz próxima a xenólito de kalsilitito	borda de reação	veio de clinopiroxênio	borda de xenólito vítreo	matriz			cristais euédricos em xenólito em desequilíbrio	flogopita piroxenito						matriz			pequeno cristal em interstício de dunito		
Tipo																						
SiO ₂	53,30	53,20	53,11	53,46	53,12	54,01	52,89	52,97	53,43	52,31	54,20	51,41	53,67	52,65	54,15	50,44	52,88	51,70	52,89	54,37	50,29	
TiO ₂	1,50	1,15	1,37	0,94	0,78	0,21	1,19	1,08	0,90	0,47	0,13	1,49	0,26	1,50	0,45	2,53	1,10	1,21	0,32	0,14	2,11	
Al ₂ O ₃	0,35	0,34	0,41	0,65	0,47	0,18	0,44	0,49	0,27	0,13	0,02	0,35	0,13	0,62	0,21	2,26	0,57	0,47	0,16	0,07	1,28	
FeO	4,11	5,02	5,38	5,74	6,22	2,69	4,45	4,50	3,50	2,68	7,11	4,38	6,12	4,11	5,00	4,65	6,60	4,03	3,30	3,24	5,41	
MnO	0,08	0,10	0,23	0,12	0,15	0,12	0,06	0,10	0,00	0,13	0,10	0,02	0,18	0,08	0,05	0,04	0,15	0,13	0,09	0,03	0,04	
MgO	15,96	15,75	15,06	15,19	14,71	16,67	16,26	15,69	16,46	16,44	14,72	15,83	15,50	16,14	15,82	15,35	15,08	16,31	17,02	17,47	15,40	
CaO	23,33	23,38	22,62	22,66	23,20	24,43	24,24	24,25	24,79	25,04	21,69	24,85	22,08	24,12	23,83	24,24	23,39	24,58	24,43	24,14	23,47	
Na ₂ O	0,96	1,10	1,51	1,40	0,67	0,55	0,42	0,56	0,38	0,65	1,59	0,89	1,36	0,80	0,56	0,28	0,90	0,37	0,77	0,60	0,64	
K ₂ O	0,07	0,10	0,04	0,13	0,08	0,03	0,02	0,00	0,00	0,01	0,00	1,48	0,00	0,01	0,02	0,00	0,03	0,06	0,05	0,00	0,00	
Cr ₂ O ₃	0,00	0,02	0,02	0,02	0,00	0,23	0,02	0,05	0,22	0,61	0,16	0,12	0,20	0,07	0,18	0,47	0,00	0,01	0,38	0,46	0,22	
NiO	0,06	0,11	0,02	0,06	0,00	0,15	0,00	0,12	0,12	0,15	0,00	0,01	0,02	0,06	0,00	0,00	0,07	0,00	0,00	0,05	0,09	
Total	98,75	99,19	98,26	98,97	98,73	98,71	99,56	99,23	99,68	97,97	98,14	99,94	98,16	99,37	99,71	99,97	99,86	98,49	98,65	99,97	98,32	
TSi	1,954	1,941	1,949	1,949	1,971	1,980	1,939	1,948	1,954	1,934	1,994	1,861	1,973	1,922	1,982	1,858	1,933	1,913	1,933	1,965	1,871	
TFe ³⁺	0,046	0,059	0,051	0,051	0,029	0,020	0,061	0,052	0,046	0,066	0,006	0,139	0,027	0,078	0,018	0,042	0,067	0,087	0,067	0,035	0,118	
TAI	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,098	0,000	0,000	0,000	0,000	0,010	
T total	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	1,999	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	
M2Al	0,015	0,015	0,018	0,028	0,020	0,008	0,019	0,021	0,011	0,005	0,001	0,015	0,006	0,027	0,009	0,000	0,024	0,020	0,007	0,003	0,046	
M2Cr	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,004	0,000	0,001	0,004	0,012	0,003	0,002	0,004	0,001	0,003	0,009	0,000	0,000	0,007	0,009	0,004	
M2Fe ³⁺	0,020	0,063	0,066	0,075	0,016	0,030	0,006	0,009	0,001	0,052	0,103	0,168	0,094	0,022	0,016	0,000	0,047	0,029	0,082	0,044	0,000	
M2Ti	0,041	0,032	0,038	0,026	0,022	0,006	0,033	0,030	0,025	0,013	0,004	0,041	0,007	0,041	0,013	0,070	0,030	0,034	0,009	0,004	0,059	
M2Ni	0,002	0,003	0,001	0,002	0,000	0,004	0,000	0,003	0,004	0,004	0,000	0,000	0,001	0,002	0,000	0,000	0,002	0,000	0,000	0,001	0,003	
M2Fe ²⁺	0,049	0,031	0,048	0,043	0,127	0,032	0,053	0,075	0,057	0,000	0,082	0,000	0,039	0,025	0,096	0,078	0,074	0,009	0,000	0,000	0,033	
M2Mg	0,872	0,856	0,824	0,826	0,814	0,911	0,888	0,860	0,897	0,906	0,807	0,854	0,849	0,879	0,863	0,843	0,822	0,900	0,927	0,941	0,854	
M2Mn	0,000	0,000	0,006	0,000	0,000	0,004	0,000	0,000	0,000	0,004	0,000	0,000	0,000	0,003	0,000	0,000	0,000	0,004	0,000	0,000	0,000	
M2total	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,997	1,000	1,080	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,996	1,000	1,003	1,000	
XMg	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,032	0,000	0,000	
XFe ²⁺	0,010	0,000	0,000	0,006	0,021	0,000	0,016	0,002	0,002	0,000	0,028	0,000	0,028	0,000	0,023	0,023	0,014	0,000	0,000	0,019	0,017	
XMn	0,002	0,003	0,001	0,004	0,005	0,000	0,002	0,003	0,000	0,000	0,003	0,001	0,006	0,000	0,001	0,001	0,005	0,000	0,003	0,001	0,001	
XCa	0,916	0,914	0,889	0,885	0,922	0,960	0,952	0,955	0,971	0,992	0,855	0,964	0,870	0,944	0,935	0,957	0,916	0,974	0,957	0,935	0,936	
XNa	0,068	0,078	0,108	0,099	0,048	0,039	0,030	0,040	0,027	0,047	0,113	0,062	0,097	0,056	0,040	0,020	0,064	0,027	0,055	0,042	0,046	
Xtotal	0,997	0,995	0,998	0,994	0,996	0,999	0,999	1,000	1,000	1,038	1,000	1,027	1,000	1,000	0,999	1,001	0,999	1,001	1,046	0,997	1,000	
#mg	0,874	0,848	0,833	0,825	0,808	0,917	0,867	0,861	0,894	0,884	0,787	0,735	0,819	0,875	0,849	0,855	0,803	0,878	0,862	0,906	0,835	
Ca/ca+Al	0,984	0,984	0,981	0,969	0,978	0,992	0,980	0,978	0,988	0,994	0,999	0,985	0,993	0,973	0,990	0,907	0,974	0,980	0,993	0,997	0,943	
Cr#	0,000	0,031	0,026	0,016	0,000	0,359	0,018	0,042	0,268	0,685	0,748	0,135	0,400	0,050	0,272	0,086	0,000	0,006	0,517	0,739	0,070	

Tabela 49- Composição química de espinélio em harzburgitos e lherzolitos com espinélio dos corpos Indaiá 1 e Limeira 1 e Forca.

Código da amostra	Fo-2-1 ^a	Fo-2-2 ^a	Fo-2-2b	Fo-2-5c	Fo-2-5d	Fo-2-5i	Fo-2-9	Fo-2-9b	Fo-2-9d	Fo-2-9e	Fo-2-25	Fo-6-23	Fo-6-18	In1-4-2	In1-4-3	Lm1-17-13
	espinélio lherzolito granoblástico centro do xenólito					espinélio lherzolito granoblástico contato com kimberlito						Harzburgito com espinélio		lherzolito protogranular com espinélio		harzburgito protogranular com espinélio
Tipo																
SiO ₂	0,01	0,02	0,55	0,05	0,30	3,42	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,52	0,08	0,00	0,05	0,00
TiO ₂	0,05	1,08	0,74	17,42	9,49	8,20	5,98	9,95	11,27	10,54	0,05	0,71	0,08	0,01	0,01	0,05
Al ₂ O ₃	48,94	36,85	39,37	0,49	2,33	2,24	7,51	0,81	0,71	0,93	49,00	28,08	33,17	55,44	55,80	54,14
Cr ₂ O ₃	19,40	19,06	17,23	4,67	0,37	0,61	43,94	33,73	28,43	30,42	18,62	34,06	36,61	12,06	12,75	14,47
FeO	8,32	9,43	7,57	18,44	16,61	12,79	17,89	17,33	16,18	17,57	7,79	8,08	8,06	6,25	6,70	6,03
Fe ₂ O ₃	6,69	15,85	16,56	40,11	53,74	50,71	12,86	23,64	26,53	24,90	6,67	9,65	4,69	7,17	6,55	5,91
MnO	0,05	0,12	0,12	0,87	0,83	0,82	0,05	0,79	0,69	0,84	0,05	0,15	0,04	0,07	0,01	0,07
MgO	17,27	16,91	18,91	17,61	16,87	18,07	10,72	13,73	15,92	13,62	17,61	17,18	17,20	19,10	18,81	19,21
CaO	0,00	0,02	0,00	0,81	0,53	0,58	0,17	0,20	0,20	0,18	0,02	0,02	0,01	0,00	0,01	0,02
K ₂ O	0,00	0,03	0,07	0,01	0,06	0,33	0,00	0,00	0,04	0,03	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,05
Na ₂ O	0,07	0,01	0,03	0,15	0,16	0,07	0,00	0,01	0,00	0,05	0,02	0,05	0,00	0,00	0,23	0,02
NiO	0,19	0,38	0,45	0,27	0,26	0,29	0,25	0,26	0,14	0,16	0,15	0,35	0,15	0,32	0,28	0,27
Total	101,00	99,76	101,58	100,88	101,56	98,10	99,39	100,45	100,10	99,24	99,98	98,88	100,09	100,42	101,21	100,27
YAl	1,632	1,305	1,336	0,019	0,090	0,088	0,342	0,036	0,030	0,041	1,640	1,076	1,240	1,764	1,765	1,740
YFe ³⁺	0,077	0,359	0,359	1,004	1,322	1,266	0,374	0,666	0,726	0,703	0,080	0,236	0,112	0,064	0,053	0,051
YCr	0,289	0,302	0,262	0,082	0,006	0,011	0,896	0,666	0,545	0,601	0,279	0,584	0,612	0,172	0,180	0,208
YTi	0,001	0,024	0,016	0,436	0,233	0,205	0,174	0,281	0,308	0,297	0,001	0,017	0,002	0,000	0,000	0,001
YSi	0,000	0,001	0,016	0,002	0,010	0,113	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,017	0,002	0,000	0,001	0,000
YFe ²⁺	0,000	0,009	0,012	0,457	0,338	0,318	0,213	0,351	0,390	0,357	0,000	0,071	0,032	0,000	0,000	0,000
Ytotal	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000
XFe ²⁺	0,262	0,228	0,171	0,056	0,116	0,037	0,365	0,192	0,102	0,194	0,248	0,149	0,182	0,223	0,229	0,208
XMg	0,728	0,758	0,812	0,874	0,822	0,894	0,618	0,767	0,863	0,762	0,746	0,832	0,813	0,769	0,753	0,781
XMn	0,001	0,003	0,003	0,024	0,023	0,023	0,002	0,025	0,021	0,027	0,001	0,004	0,001	0,001	0,000	0,002
XK	0,000	0,001	0,002	0,000	0,003	0,014	0,000	0,000	0,002	0,002	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,002
XNa	0,004	0,000	0,001	0,010	0,010	0,004	0,000	0,001	0,000	0,004	0,001	0,003	0,000	0,000	0,012	0,001
XCa	0,000	0,001	0,000	0,029	0,019	0,020	0,007	0,008	0,008	0,007	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	0,001
XNi	0,004	0,009	0,010	0,007	0,007	0,008	0,008	0,008	0,004	0,005	0,003	0,009	0,004	0,007	0,006	0,006
Xtotal	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Cr#	0,151	0,188	0,164	0,809	0,067	0,108	0,724	0,949	0,947	0,936	0,145	0,352	0,330	0,089	0,093	0,107
Fe2#	0,265	0,238	0,183	0,370	0,356	0,284	0,484	0,415	0,363	0,420	0,249	0,209	0,208	0,225	0,233	0,210

Tabela 50- Composição química de espinélio em harzburgitos e lherzolitos com espinélio ou Cr-espinélio dos corpos Indaiá 1 e Limeira 1 e Forca.

Código da amostra	In1-9-1	In1-9-2	In1-9-3	In1-9-4	In1-13a-2	In1-14a-2	In1-3-1	In1-3-2	In1-14c-2	In1-14c-6	In1-14c-7	Lm1-20a-9	Lm1-20a-9b	Lm1-20a-12	Lm1-20a-18	Lm1-20a-17	Lm1-20-21	Lm1-20-2n	Lm1-20-2p
	lherzolito protogranular com espinélio				lherzolito protogranular com espinélio	lherzolito protogranular com espinélio	harzburgito granoblástico com Cr-espinélio		dunito protogranular com espinélio			harzburgito granoblástico com Cr-espinélio							
Tipo																			
SiO ₂	0,00	0,02	0,00	0,02	0,03	0,02	0,02	0,03	0,00	0,00	0,00	0,10	0,11	0,17	0,18	0,25	0,00	7,80	0,10
TiO ₂	0,04	0,05	0,09	0,05	0,12	0,07	0,10	0,09	0,09	0,09	0,06	0,05	0,02	0,07	0,02	0,07	4,01	3,47	9,60
Al ₂ O ₃	51,71	55,10	53,41	51,23	43,37	51,67	28,31	25,81	39,90	39,83	40,08	38,56	38,95	39,92	40,13	39,73	1,40	2,48	1,31
Cr ₂ O ₃	15,73	12,67	13,82	15,88	26,36	15,75	40,31	41,12	29,04	28,66	28,50	28,51	28,24	28,38	27,27	28,06	51,91	3,29	0,36
FeO	10,16	10,21	10,27	11,12	13,25	11,29	17,12	16,21	10,09	10,36	9,99	9,47	9,90	10,03	9,44	9,64	16,46	14,42	19,37
Fe ₂ O ₃	2,48	1,84	2,54	1,29	0,57	1,28	1,13	2,10	6,01	6,08	6,42	5,90	5,97	5,48	5,77	6,11	14,30	50,27	53,47
MnO	0,07	0,10	0,10	0,07	0,13	0,11	0,20	0,20	0,16	0,10	0,17	0,09	0,04	0,11	0,07	0,00	0,60	0,80	1,19
MgO	19,44	19,80	19,56	18,45	16,82	18,51	12,43	12,47	15,41	15,13	15,51	15,42	15,16	15,09	15,52	15,64	10,91	12,68	13,45
CaO	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,03	0,02	0,03	0,00	0,00	0,03	0,02	0,00	0,10	3,93	0,30
K ₂ O	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,32	0,02
Na ₂ O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,07	0,12	0,00	0,00	0,05	0,00	0,13	0,04	0,09	0,13
NiO	0,26	0,31	0,31	0,25	0,17	0,29	0,03	0,03	0,12	0,07	0,14	0,08	0,00	0,08	0,07	0,13	0,24	0,11	0,19
Total	99,88	100,10	100,10	98,38	100,81	99,00	99,65	98,06	100,87	100,42	101,02	98,18	98,38	99,40	98,48	99,77	100,01	99,66	99,49
YAl	1,679	1,748	1,712	1,695	1,504	1,698	1,130	1,060	1,430	1,434	1,429	1,419	1,430	1,447	1,457	1,430	0,067	0,098	0,053
YFe ³⁺	0,051	0,037	0,052	0,027	0,013	0,027	0,029	0,055	0,103	0,103	0,114	0,108	0,103	0,086	0,094	0,140	0,438	1,269	1,382
YCr	0,228	0,180	0,198	0,235	0,409	0,232	0,719	0,755	0,465	0,461	0,455	0,469	0,464	0,460	0,443	0,420	1,113	0,058	0,006
YTi	0,001	0,001	0,002	0,001	0,003	0,001	0,003	0,002	0,002	0,002	0,001	0,001	0,000	0,002	0,001	0,002	0,123	0,088	0,248
YSi	0,000	0,001	0,000	0,001	0,001	0,000	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	0,003	0,003	0,005	0,005	0,008	0,000	0,262	0,003
YFe ²⁺	0,040	0,033	0,036	0,041	0,071	0,042	0,119	0,127	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,259	0,225	0,307
Ytotal	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000
XFe ²⁺	0,194	0,196	0,198	0,220	0,255	0,221	0,366	0,346	0,292	0,302	0,285	0,278	0,295	0,299	0,283	0,277	0,301	0,179	0,250
XMg	0,798	0,795	0,793	0,772	0,738	0,769	0,628	0,648	0,699	0,689	0,700	0,718	0,704	0,692	0,713	0,712	0,662	0,634	0,689
XMn	0,002	0,002	0,002	0,002	0,003	0,003	0,006	0,006	0,004	0,003	0,004	0,002	0,001	0,003	0,002	0,000	0,021	0,023	0,035
XK	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,014	0,001
XNa	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,004	0,007	0,000	0,000	0,003	0,000	0,007	0,003	0,006	0,008
XCa	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000	0,004	0,141	0,011
XNi	0,006	0,007	0,007	0,006	0,004	0,007	0,001	0,001	0,003	0,002	0,003	0,002	0,000	0,002	0,002	0,003	0,008	0,003	0,005
Xtotal	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Cr#	0,120	0,093	0,104	0,122	0,214	0,120	0,389	0,416	0,246	0,243	0,241	0,248	0,245	0,241	0,233	0,240	0,943	0,372	0,109
Fe2#	0,227	0,224	0,228	0,253	0,307	0,255	0,436	0,422	0,295	0,304	0,289	0,279	0,295	0,302	0,284	0,280	0,458	0,389	0,447

Tabela 51- Composição química de espinélio em harzburgitos e lherzolitos com espinélio dos corpos Indaiá 1 e Limeira 1 e Forca.

Código da	Lm1-30-10a	Lm1-30-5	Lm1-30-6	Lm1-36-16a	Lm1-36-	Lm1-36-	Lm1-36-	Lm1-36-6	Lm1-14-4b	Lm1-14-7	Lm1-29-12a	In1-24a-1	In1-24a-2	In1-24a-3	In1-24a-4	In1-50-17	In1-50-11
Tipo	harzburgito com Cr-espinélio			harzburgito com Cr-espinélio				dunito protograular		dunito protogranular	dunito granoblástico com Cr-espinélio e pargasita				harzburgito com Cr-espinélio e pargasita		
SiO ₂	0,00	0,03	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,77	0,00	0,03	0,02	0,00	0,00	0,00
TiO ₂	0,04	0,04	0,04	0,10	0,06	0,00	0,12	0,04	2,90	3,63	4,72	0,32	0,23	0,19	0,10	0,13	0,23
Al ₂ O ₃	35,60	35,56	37,40	22,94	23,41	23,32	22,92	23,33	3,89	3,48	1,67	25,76	26,49	26,10	26,35	24,50	25,70
Cr ₂ O ₃	32,21	32,14	30,03	44,63	44,84	44,59	46,08	44,35	58,98	56,89	1,31	41,77	42,44	42,80	43,76	43,93	43,08
FeO	11,35	11,10	10,80	13,90	13,63	13,27	12,01	13,99	14,89	13,13	20,93	18,22	17,72	17,85	17,95	14,25	13,70
Fe ₂ O ₃	6,23	6,07	6,51	5,33	5,69	5,32	4,66	5,47	6,82	8,04	57,80	1,97	0,85	1,60	1,07	6,00	5,98
MnO	0,10	0,08	0,05	0,11	0,18	0,04	0,08	0,18	0,07	0,64	0,88	0,23	0,18	0,18	0,22	0,15	0,07
MgO	13,90	14,12	14,39	10,93	11,51	11,62	13,04	10,80	11,76	13,46	9,71	11,50	12,02	12,03	12,01	11,18	12,03
CaO	0,02	0,05	0,02	0,02	0,02	0,05	0,03	0,00	0,05	0,05	0,27	0,01	0,02	0,00	0,00	0,01	0,00
K ₂ O	0,00	0,02	0,00	0,00	0,02	0,05	0,00	0,00	0,04	0,00	0,02	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0,00	0,00
Na ₂ O	0,15	0,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,18	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,02
NiO	0,10	0,05	0,20	0,09	0,06	0,11	0,08	0,09	0,20	0,15	0,20	0,07	0,04	0,07	0,04	0,05	0,05
Total	99,70	99,37	99,51	98,04	99,42	98,37	99,02	98,24	99,77	99,55	98,30	99,86	100,00	100,84	101,49	100,25	100,87
YAl	1,334	1,335	1,383	0,980	0,981	0,986	0,958	0,993	0,187	0,165	0,071	1,050	1,072	1,051	1,057	1,013	1,042
YFe ³⁺	0,125	0,123	0,117	0,145	0,152	0,144	0,125	0,149	0,209	0,243	1,559	0,051	0,022	0,041	0,028	0,158	0,155
YCr	0,540	0,539	0,497	0,853	0,840	0,843	0,862	0,845	1,267	1,203	0,025	0,761	0,768	0,771	0,785	0,813	0,781
YTi	0,001	0,001	0,001	0,003	0,002	0,000	0,003	0,001	0,089	0,110	0,127	0,008	0,006	0,005	0,003	0,004	0,006
YV	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
YSi	0,000	0,001	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,028	0,000	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000
YFe ²⁺	0,000	0,000	0,000	0,019	0,025	0,028	0,052	0,012	0,249	0,277	0,190	0,129	0,131	0,131	0,128	0,012	0,016
Ytotal	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000
XFe ²⁺	0,326	0,317	0,319	0,403	0,381	0,370	0,304	0,410	0,259	0,163	0,437	0,398	0,378	0,380	0,383	0,406	0,378
XMg	0,659	0,670	0,673	0,591	0,610	0,621	0,690	0,582	0,714	0,805	0,519	0,593	0,615	0,613	0,609	0,585	0,617
XMn	0,003	0,002	0,001	0,003	0,005	0,001	0,003	0,005	0,002	0,022	0,027	0,007	0,005	0,005	0,006	0,005	0,002
XZn	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
XK	0,000	0,001	0,000	0,000	0,001	0,002	0,000	0,000	0,002	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
XNa	0,009	0,007	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,014	0,003	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,003	0,001
XCa	0,001	0,002	0,001	0,001	0,001	0,002	0,001	0,000	0,002	0,002	0,010	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000
XNi	0,002	0,001	0,005	0,003	0,002	0,003	0,002	0,003	0,007	0,005	0,006	0,002	0,001	0,002	0,001	0,002	0,002
Xtotal	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Cr#	0,288	0,288	0,264	0,465	0,461	0,461	0,473	0,460	0,871	0,880	0,260	0,420	0,417	0,423	0,426	0,445	0,428
Fe2#	0,331	0,321	0,322	0,416	0,399	0,390	0,341	0,421	0,415	0,354	0,547	0,471	0,453	0,454	0,456	0,417	0,390

Tabela 52- Composição química de espinélio em harzburgitos e dunitos com flogopita dos corpos Indaiá 1 e Limeira 1 e Forca.

Código da amostra	Fo-5-12b	Fo-5-12c	Fo-5-12d	Fo-5-12e	Lm1-1-3	Lm1-1-3b	Lm1-1-5	Lm1-1-3a	Lm1-1-5	Lm1-15-16a	Lm1-15-4	Lm1-15-3	Lm1-15-2	Lm1-15-7	Lm1-22-7b	Lm1-26a-7e	Lm1-26a-15d	Lm1-26a-15e
	flogopita dunito com Cr-espinélio				harzburgito com bolsões de flogopita e titanato					harzburgito com bolsões de flogopita					flogopita dunito com cpx secundário	harzburgito com bolsões de flogopita		
Tipo																		
SiO ₂	0,00	0,01	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,47	1,60	0,19	0,01	0,00
TiO ₂	4,00	4,07	4,21	4,13	4,90	4,91	4,84	4,80	4,95	0,88	0,76	0,66	0,73	0,54	4,43	3,54	5,35	5,27
Al ₂ O ₃	3,57	3,59	3,55	3,63	2,94	3,79	3,06	3,39	3,56	2,61	2,65	2,68	2,62	2,84	0,86	1,46	3,24	3,23
Cr ₂ O ₃	54,72	54,55	53,38	54,33	51,63	52,21	50,91	51,40	51,74	62,10	62,83	63,83	62,64	62,65	5,10	2,42	48,31	47,18
FeO	15,95	15,96	16,26	16,26	17,92	18,04	18,11	18,10	17,93	14,46	14,65	14,51	14,77	14,39	19,94	20,85	19,58	19,69
Fe ₂ O ₃	10,29	9,66	10,81	9,89	12,30	10,89	12,12	12,30	12,07	7,11	7,03	6,65	7,00	7,36	55,16	60,01	14,93	15,34
MnO	0,19	0,18	0,15	0,11	0,15	0,07	0,19	0,09	0,21	0,11	0,01	0,00	0,06	0,22	0,73	0,65	0,25	0,15
MgO	11,53	11,48	11,32	11,31	10,38	10,11	9,89	10,28	10,30	11,02	10,96	11,10	10,74	11,04	10,46	10,15	9,08	8,96
CaO	0,00	0,00	0,01	0,05	0,02	0,09	0,02	0,01	0,00	0,02	0,12	0,03	0,05	0,05	0,26	0,11	0,03	0,01
K ₂ O	0,00	0,04	0,04	0,01	0,03	0,02	0,00	0,00	0,00	0,03	0,03	0,02	0,03	0,32	0,00	0,04	0,01	0,00
Na ₂ O	0,00	0,01	0,00	0,11	0,00	0,29	0,73	0,04	0,00	0,06	0,00	0,05	0,10	0,25	0,13	0,19	0,04	0,14
NiO	0,40	0,18	0,32	0,21	0,18	0,26	0,10	0,13	0,37	0,07	0,12	0,21	0,06	0,02	0,11	0,19	0,35	0,17
Total	100,66	99,73	100,05	100,07	100,46	100,69	99,97	100,54	101,13	98,45	99,16	99,73	98,79	100,16	98,77	99,80	101,19	100,14
YAl	0,169	0,171	0,169	0,172	0,140	0,179	0,145	0,161	0,168	0,131	0,132	0,133	0,131	0,138	0,036	0,061	0,153	0,153
YFe ³⁺	0,310	0,294	0,327	0,300	0,373	0,328	0,366	0,372	0,363	0,227	0,224	0,211	0,224	0,229	1,489	1,597	0,449	0,464
YCr	1,157	1,163	1,132	1,153	1,097	1,101	1,077	1,088	1,089	1,390	1,400	1,416	1,402	1,368	0,096	0,045	1,017	1,001
YTi	0,121	0,124	0,128	0,125	0,149	0,148	0,146	0,145	0,149	0,028	0,024	0,021	0,023	0,017	0,120	0,094	0,161	0,160
YSi	0,000	0,001	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,020	0,057	0,007	0,000	0,000
YFe ²⁺	0,243	0,247	0,244	0,249	0,241	0,245	0,267	0,234	0,232	0,224	0,220	0,220	0,220	0,228	0,202	0,196	0,220	0,222
Ytotal	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000
XFe ²⁺	0,291	0,293	0,303	0,299	0,363	0,359	0,341	0,374	0,367	0,289	0,298	0,291	0,304	0,270	0,397	0,421	0,435	0,440
XMg	0,689	0,692	0,679	0,679	0,624	0,603	0,592	0,615	0,614	0,697	0,691	0,696	0,680	0,682	0,559	0,535	0,541	0,538
XMn	0,006	0,006	0,005	0,004	0,005	0,002	0,006	0,003	0,007	0,004	0,000	0,000	0,002	0,008	0,022	0,019	0,008	0,005
XK	0,000	0,000	0,002	0,000	0,002	0,001	0,000	0,000	0,000	0,002	0,002	0,001	0,002	0,017	0,000	0,002	0,001	0,000
XNa	0,000	0,000	0,000	0,009	0,000	0,023	0,057	0,003	0,000	0,005	0,000	0,004	0,008	0,020	0,009	0,013	0,003	0,011
XCa	0,000	0,000	0,000	0,002	0,001	0,004	0,001	0,000	0,000	0,001	0,005	0,001	0,002	0,002	0,010	0,004	0,001	0,001
XNi	0,013	0,006	0,010	0,007	0,006	0,008	0,003	0,004	0,012	0,002	0,004	0,007	0,002	0,001	0,003	0,005	0,011	0,005
Xtotal	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Cr#	0,873	0,872	0,870	0,870	0,887	0,860	0,881	0,871	0,867	0,914	0,914	0,914	0,915	0,908	0,727	0,425	0,869	0,867
Fe2#	0,437	0,438	0,446	0,446	0,492	0,500	0,507	0,497	0,494	0,424	0,429	0,423	0,436	0,422	0,517	0,535	0,547	0,552

Tabela 53- Composição química de espinélio em harzburgitos e dunitos com flogopita, clinopiroxênio secundário e com pouco espinélio dos corpos Indaiá 1 e Limeira 1 e Forca.

Código da amostra	Lm1-26a-15g	Lm1-26a-16a	Lm1-26a-16c	In1-2-1	In1-2-2	In1-2-3	In1-2-4	In1-2-5	In1-2-6	In1-20b-1	In1-20b-2	In1-20b-3	In1-24b-1	In1-24b-2	In1-24b-3	In1-6-1	In1-6-2	Lm1-38-6b	Lm1-38-10	Lm1-41-4e microxenólito de flogopita piroxenito
Tipo	harzburgito com bolsões de flogopita			flogopita dunito						harzburgito com bolsões de flogopita			flogopitito			flogopita ilmenita wehrlito		flogopita wehrlito		
SiO ₂	0,00	0,11	0,00	0,05	0,07	0,06	0,05	0,02	0,04	0,11	0,08	0,09	0,41	0,12	0,08	0,04	0,05	0,00	0,09	0,26
TiO ₂	5,88	5,16	14,65	4,47	4,51	4,64	4,94	15,12	4,93	1,64	1,31	1,42	12,75	10,52	10,98	18,04	18,26	2,01	2,00	15,78
Al ₂ O ₃	2,19	3,20	0,22	2,10	2,12	2,08	2,01	0,16	2,05	11,78	11,97	12,04	0,15	0,17	0,06	0,77	1,36	1,91	1,72	0,33
Cr ₂ O ₃	41,05	46,65	10,09	51,71	51,55	51,56	51,28	11,20	51,40	53,71	54,02	54,28	3,58	5,34	1,55	1,15	0,72	56,71	60,00	4,76
FeO	21,57	19,30	27,42	22,90	22,96	22,80	20,45	28,90	23,24	12,10	12,35	12,42	27,14	27,31	33,13	31,92	30,91	17,31	16,01	22,30
Fe ₂ O ₃	20,01	15,42	38,95	10,51	10,65	9,79	10,59	33,74	10,40	3,76	3,87	3,76	45,25	48,84	49,41	36,80	35,50	11,19	8,92	41,47
MnO	0,17	0,25	0,16	0,25	0,25	0,21	0,33	0,53	0,26	0,10	0,09	0,09	0,78	0,55	0,41	0,81	0,85	0,15	0,20	1,20
MgO	7,19	8,92	7,51	8,72	8,74	8,74	10,27	9,87	8,91	14,77	14,47	14,61	9,65	8,53	4,95	9,72	9,76	8,88	10,26	12,21
CaO	0,05	0,23	0,34	0,04	0,02	0,00	0,15	0,56	0,01	0,01	0,03	0,04	0,73	0,58	0,40	0,07	0,73	0,05	0,03	0,22
K ₂ O	0,01	0,25	0,00	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0,01	0,00	0,00
Na ₂ O	0,01	0,18	0,24	n.d.	n.d.	n.d.	0,00	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	n.d.	0,03	0,00	n.d.	n.d.	0,00	0,07	0,00
NiO	0,37	0,25	0,52	0,20	0,21	0,22	0,23	0,70	n.d.	0,11	0,18	0,17	0,14	0,08	0,11	0,25	0,23	0,24	0,11	0,43
Total	98,51	99,92	100,12	100,93	101,08	100,93	100,10	100,29	100,87	98,09	98,38	98,93	100,58	102,07	101,07	99,56	98,36	98,48	99,42	98,97
YAl	0,106	0,152	0,010	0,101	0,102	0,101	0,096	0,007	0,098	0,529	0,538	0,537	0,006	0,007	0,002	0,032	0,057	0,096	0,086	0,014
YFe ³⁺	0,619	0,466	1,080	0,322	0,326	0,303	0,322	0,912	0,317	0,108	0,111	0,107	1,205	1,304	1,355	0,978	0,948	0,360	0,283	1,105
YCr	0,889	0,987	0,196	1,111	1,105	1,117	1,093	0,212	1,098	1,079	1,085	1,083	0,067	0,100	0,030	0,021	0,013	1,278	1,335	0,089
YTi	0,182	0,156	0,406	0,137	0,138	0,143	0,150	0,409	0,150	0,047	0,038	0,040	0,340	0,281	0,301	0,479	0,487	0,065	0,063	0,420
YSi	0,000	0,004	0,000	0,002	0,003	0,002	0,002	0,001	0,002	0,004	0,003	0,004	0,014	0,004	0,003	0,001	0,002	0,000	0,004	0,009
YFe ²⁺	0,204	0,235	0,308	0,327	0,327	0,334	0,336	0,459	0,335	0,232	0,225	0,228	0,368	0,304	0,309	0,488	0,493	0,201	0,229	0,362
Ytotal	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000
XFe ²⁺	0,538	0,412	0,537	0,454	0,454	0,450	0,356	0,409	0,453	0,154	0,168	0,165	0,435	0,506	0,700	0,454	0,424	0,418	0,336	0,298
XMg	0,441	0,534	0,412	0,530	0,530	0,535	0,619	0,529	0,538	0,839	0,822	0,825	0,509	0,451	0,269	0,512	0,516	0,566	0,646	0,645
XMn	0,006	0,009	0,005	0,009	0,009	0,007	0,011	0,016	0,009	0,003	0,003	0,003	0,023	0,017	0,013	0,024	0,026	0,006	0,007	0,036
XK	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
XNa	0,001	0,014	0,017	0,000	0,000	0,000	0,000	0,004	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,006	0,000
XCa	0,002	0,010	0,014	0,002	0,001	0,000	0,006	0,022	0,000	0,000	0,001	0,002	0,028	0,022	0,016	0,003	0,028	0,002	0,002	0,009
XNi	0,012	0,008	0,016	0,006	0,007	0,007	0,007	0,020	0,000	0,003	0,006	0,005	0,004	0,002	0,003	0,007	0,007	0,008	0,004	0,012
Xtotal	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Cr#	0,893	0,867	0,953	0,917	0,916	0,917	0,919	0,968	0,918	0,671	0,669	0,668	0,913	0,935	0,924	0,401	0,190	0,930	0,940	0,865
Fe2#	0,627	0,548	0,672	0,596	0,596	0,594	0,528	0,622	0,594	0,315	0,324	0,323	0,612	0,642	0,790	0,648	0,640	0,522	0,467	0,506

Tabela 54- Composição química de magnetita na matriz dos corpos Indaiá 2 e Facão.

Código da amostra	In2-1-14	In2-1-15	In2-1-18	In2-1-25	In2-1-35	In2-1-35b	Fac-1-9	Fac-1-10	Fac-2-11b	Fac-5-13c	Fac-6-12	Fac-6-12'	Fac-6-12''
		matriz		borda de olivina	macrocrystal borda	macrocrystal centro	macrocrystal borda	macrocrystal centro	matriz	inclusão em macrocrystal de olivina	lamela de ilmenita inclusa em macrocrystal de olivina	lamelas em ilmenita inclusão em macrocrystal de olivina	lamelas em ilmenita inclusão em macrocrystal de olivina
Tipo													
SiO ₂	0,04	0,12	0,16	0,05	0,11	0,00	0,13	0,00	0,11	0,00	0,00	0,02	0,00
TiO ₂	12,73	12,89	14,09	13,26	7,43	4,29	18,86	3,57	16,56	19,38	18,29	13,58	22,07
Al ₂ O ₃	0,12	0,14	0,13	0,14	0,53	5,16	0,14	2,51	0,10	0,00	0,03	0,34	0,27
Cr ₂ O ₃	3,12	4,22	0,21	1,13	25,67	42,87	3,17	40,85	5,27	3,34	24,55	26,23	22,38
FeO	35,46	34,99	31,00	30,62	25,82	21,95	33,52	21,26	32,52	34,71	28,69	26,82	30,14
Fe ₂ O ₃	40,99	39,99	48,07	48,41	33,31	19,01	38,46	23,30	40,34	38,81	21,09	25,74	18,11
MnO	1,06	1,12	1,16	1,08	0,93	0,98	0,98	0,34	0,87	0,82	0,23	0,31	0,35
MgO	3,50	3,92	3,67	3,66	4,25	5,80	2,60	6,80	2,77	2,29	6,56	6,41	6,89
CaO	0,38	0,36	0,42	0,27	0,12	0,10	0,17	0,04	0,05	0,04	0,01	0,01	0,04
K ₂ O	0,05	0,00	0,00	0,01	0,05	0,04	0,01	0,00	0,00	0,02	0,00	0,03	0,00
Na ₂ O	0,34	0,20	0,19	0,06	0,02	0,02	0,04	0,00	0,14	0,50	0,00	0,12	0,01
NiO	0,15	0,17	0,01	0,10	0,15	0,13	0,17	0,11	0,34	0,13	0,49	0,48	0,38
Total	97,94	98,12	99,09	98,80	98,40	100,37	98,25	98,78	99,06	100,04	99,92	100,09	100,64
YAl	0,005	0,006	0,006	0,006	0,025	0,245	0,006	0,122	0,004	0,000	0,001	0,016	0,012
YFe ³⁺	1,167	1,139	1,350	1,371	1,016	0,577	1,110	0,720	1,160	1,098	0,618	0,757	0,521
YCr	0,062	0,084	0,004	0,022	0,549	0,912	0,064	0,884	0,106	0,066	0,504	0,541	0,451
YTi	0,363	0,367	0,396	0,376	0,227	0,130	0,544	0,110	0,476	0,548	0,536	0,399	0,635
YV	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
YSi	0,002	0,005	0,006	0,002	0,005	0,000	0,005	0,000	0,004	0,000	0,000	0,001	0,000
YFe ²⁺	0,401	0,399	0,239	0,223	0,179	0,135	0,271	0,164	0,248	0,288	0,340	0,287	0,382
Ytotal	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000
XFe ²⁺	0,721	0,708	0,729	0,741	0,696	0,605	0,804	0,566	0,791	0,803	0,595	0,590	0,582
XMg	0,197	0,221	0,204	0,205	0,257	0,349	0,149	0,416	0,158	0,128	0,381	0,373	0,393
XMn	0,034	0,036	0,037	0,035	0,032	0,033	0,032	0,012	0,028	0,026	0,008	0,010	0,011
XZn	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
XK	0,003	0,000	0,000	0,001	0,003	0,002	0,001	0,000	0,000	0,001	0,000	0,002	0,000
XNa	0,025	0,015	0,014	0,004	0,002	0,002	0,003	0,000	0,010	0,037	0,000	0,009	0,001
XCa	0,015	0,015	0,017	0,011	0,005	0,004	0,007	0,002	0,002	0,002	0,000	0,000	0,002
XNi	0,004	0,005	0,000	0,003	0,005	0,004	0,005	0,004	0,010	0,004	0,015	0,015	0,012
Xtotal	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Cr#	0,923	0,929	0,408	0,785	0,956	0,788	0,911	0,879	0,960	0,999	0,998	0,972	0,974
Fe2#	0,850	0,834	0,826	0,824	0,773	0,680	0,878	0,637	0,868	0,895	0,710	0,701	0,710

Tabela 55- Composição química de espinélio na matriz e em nódulos dos corpos Indaiá 2 e Facão.

Código da amostra	Fac-6-1	Fac-6-2	Fac-6-14	Fac-6-1	Fac-6-3	Fac-6-14	Fac-7-4	Fac-7-5	Fac-7-	Fac-7-	Fo-1-15	Fo-1-16c	Fo-1-27	Fo-6-22
Tipo	borda de olivina		matriz		matriz	borda de olivina	macrocristal borda	macrocristal centro	matriz			matriz		matriz
SiO ₂	0,00	0,00	0,00	0,01	0,21	0,06	0,07	0,00	0,00	0,00	0,17	0,21	0,00	0,07
TiO ₂	16,50	16,46	18,13	16,31	19,84	17,43	16,74	3,64	5,79	13,64	12,61	23,58	0,04	0,04
Al ₂ O ₃	0,05	0,00	0,00	0,18	0,04	0,11	0,05	1,51	4,91	0,30	1,22	0,73	16,40	38,19
Cr ₂ O ₃	5,39	5,53	3,27	5,24	1,87	3,74	2,58	45,51	42,23	11,76	8,29	0,19	50,11	30,78
FeO	32,92	32,08	33,88	32,07	35,32	33,02	32,27	22,92	21,43	30,28	16,72	22,07	13,04	10,53
Fe ₂ O ₃	42,26	42,26	41,29	40,45	38,06	41,71	42,95	20,40	17,44	38,60	41,88	29,10	8,24	5,98
MnO	0,81	0,82	0,79	0,84	0,74	0,76	0,80	0,63	0,58	0,65	0,86	0,92	0,14	0,07
MgO	3,39	4,14	3,00	3,29	1,41	3,43	3,61	4,91	7,10	3,80	16,78	13,66	12,67	15,05
CaO	0,01	0,04	0,00	0,00	0,60	0,02	0,31	0,01	0,01	0,02	0,23	9,12	0,11	0,01
K ₂ O	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,03	0,03	0,02	0,00	0,00	0,06	0,04	0,02	0,00
Na ₂ O	0,15	0,00	0,58	0,00	0,05	0,03	0,17	0,05	0,01	0,05	0,00	0,31	0,02	0,09
NiO	0,20	0,29	0,12	0,11	0,13	0,27	0,26	0,03	0,24	0,29	0,26	0,33	0,06	0,07
Total	101,69	101,61	101,08	98,49	98,28	100,62	99,84	99,63	99,75	99,39	99,08	100,25	100,86	100,89
YAl	0,002	0,000	0,000	0,008	0,002	0,005	0,002	0,075	0,232	0,013	0,049	0,028	0,706	1,387
YFe ³⁺	1,180	1,177	1,149	1,167	1,103	1,172	1,207	0,648	0,527	1,121	1,084	1,109	0,227	0,111
YCr	0,105	0,108	0,064	0,106	0,038	0,074	0,051	1,013	0,893	0,239	0,150	0,003	0,965	0,500
YTi	0,460	0,458	0,504	0,470	0,575	0,489	0,470	0,116	0,175	0,396	0,326	0,584	0,001	0,001
YSi	0,000	0,000	0,000	0,000	0,008	0,002	0,003	0,000	0,000	0,000	0,006	0,007	0,000	0,002
YFe ²⁺	0,252	0,257	0,283	0,248	0,275	0,258	0,267	0,148	0,173	0,231	0,385	0,608	0,101	0,000
Ytotal	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000
XFe ²⁺	0,769	0,736	0,764	0,781	0,862	0,772	0,740	0,661	0,546	0,746	0,096	0,000	0,297	0,299
XMg	0,188	0,228	0,165	0,188	0,081	0,191	0,201	0,309	0,425	0,219	0,860	0,671	0,690	0,691
XMn	0,026	0,026	0,025	0,027	0,024	0,024	0,025	0,023	0,020	0,021	0,025	0,026	0,004	0,002
XK	0,001	0,000	0,001	0,000	0,000	0,002	0,002	0,001	0,000	0,000	0,003	0,002	0,001	0,000
XNa	0,011	0,000	0,041	0,000	0,004	0,002	0,012	0,004	0,001	0,004	0,000	0,020	0,001	0,006
XCa	0,001	0,001	0,000	0,000	0,025	0,001	0,012	0,001	0,001	0,001	0,008	0,322	0,004	0,000
XNi	0,006	0,009	0,004	0,003	0,004	0,008	0,008	0,001	0,008	0,009	0,007	0,009	0,002	0,002
Xtotal	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Cr#	0,979	1,000	1,000	0,929	0,950	0,939	0,955	0,931	0,794	0,947	0,753	0,107	0,578	0,265
Fe2# (Fe/Fe2+Mg)	0,845	0,813	0,864	0,845	0,934	0,844	0,834	0,724	0,629	0,817	0,358	0,475	0,366	0,302

Tabela 56- Composição química de espinélio na matriz e em nódulos dos corpos Indaiá 2 e Facão.

Código da amostra	Fac-5-9b	Fac-5-9d	Fac-5-14b	Fac-6-29	Fac-7-7	Lm1-25-7	Lm1-25-1e	In1-36-2d	In1-36-13	Fac-8-4	Fac-8-9
	associado a perovskita em piroxenito	flogopita piroxenito	flogopita piroxenito	xenólito máfico em desequilíbrio textural	cristais pequenos em interstício de wehrlito	nódulo esverdeado	nódulo esverdeado	macrocristal	macrocristal	lamela de ilmenita inclusa em olivina de dunito	cristal em interstício de dunito
Tipo											
SiO ₂	0,00	0,06	0,00	0,02	0,16	0,00	0,00	0,02	0,00	0,05	0,29
TiO ₂	20,12	19,35	20,71	3,74	14,44	4,49	3,98	18,86	0,09	12,49	17,43
Al ₂ O ₃	0,00	0,11	0,06	0,90	0,31	6,27	5,28	0,84	16,20	0,54	0,05
Cr ₂ O ₃	1,52	1,70	0,99	48,13	22,81	41,66	45,98	4,23	47,19	26,77	3,22
FeO	35,12	34,75	33,35	24,03	27,98	16,49	18,85	25,36	12,83	25,56	32,77
Fe ₂ O ₃	38,37	40,18	37,77	19,45	26,24	19,78	15,87	38,63	10,88	25,37	40,32
MnO	0,57	0,82	0,80	0,37	0,32	0,24	0,66	1,18	0,05	0,29	0,94
MgO	2,07	2,26	3,70	4,22	5,10	12,42	8,58	11,29	13,06	6,79	2,66
CaO	0,30	0,25	0,07	0,12	0,11	0,08	0,40	0,56	0,02	0,03	0,05
K ₂ O	0,00	0,02	0,01	0,00	0,01	0,00	0,02	0,00	0,02	0,00	0,05
Na ₂ O	0,19	0,09	0,77	0,00	0,13	0,03	0,02	0,10	0,03	0,02	0,14
NiO	0,13	0,20	0,20	0,21	0,55	0,22	0,12	0,10	0,17	0,37	0,29
Total	98,40	99,78	98,44	101,20	98,16	101,68	99,78	101,16	100,53	98,30	98,20
YAl	0,000	0,005	0,003	0,045	0,015	0,275	0,249	0,034	0,693	0,025	0,002
YFe ³⁺	1,103	1,139	1,060	0,619	0,787	0,555	0,477	1,009	0,297	0,759	1,163
YCr	0,031	0,034	0,019	1,073	0,479	0,819	0,968	0,077	0,902	0,561	0,065
YTi	0,578	0,548	0,581	0,119	0,433	0,126	0,120	0,493	0,002	0,374	0,503
YSi	0,000	0,002	0,000	0,001	0,006	0,000	0,000	0,001	0,000	0,002	0,011
YFe ²⁺	0,289	0,272	0,336	0,143	0,280	0,224	0,187	0,386	0,106	0,278	0,256
Ytotal	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000
XFe ²⁺	0,833	0,823	0,704	0,708	0,653	0,290	0,443	0,351	0,284	0,572	0,794
XMg	0,118	0,127	0,206	0,266	0,303	0,691	0,511	0,584	0,706	0,403	0,152
XMn	0,019	0,026	0,025	0,013	0,011	0,007	0,022	0,035	0,002	0,010	0,030
XK	0,000	0,001	0,000	0,000	0,001	0,000	0,001	0,000	0,001	0,000	0,002
XNa	0,014	0,007	0,056	0,000	0,010	0,002	0,001	0,007	0,002	0,002	0,010
XCa	0,012	0,010	0,003	0,006	0,005	0,003	0,017	0,021	0,001	0,001	0,002
XNi	0,004	0,006	0,006	0,007	0,018	0,007	0,004	0,003	0,005	0,012	0,009
Xtotal	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Cr#	0,997	0,869	0,873	0,960	0,970	0,748	0,796	0,693	0,566	0,957	0,969
Fe2# (Fe/Fe2+Mg)	0,905	0,896	0,835	0,762	0,755	0,427	0,552	0,558	0,355	0,679	0,874

Tabela 57- Composição química de anfibólio em xenólitos de peridotitos com Cr-espínélio do kimberlito Indaiá 1 e na matriz e em autólitos dos corpos Indaiá 2 e Facão.

Código da amostra	In1-24a-1	In1-24a-2	In1-24a-3	In1-24a-4	In1-50-5'	In-50-8'	In2-1-46	In2-1-46b	Fac-1-5	Fac-6-15	Fac-6-19	Fac-6-19"	Fac-6-24b	Fac-6-24a	Fac-4-5
tipo	dunito granoblástico com Cr-espínélio e pargasita				harzburgito com Cr-espínélio e pargasita		reação com xenólito crustal		cristal euédrico dentro de vidro	autólito					autólito
SiO ₂	44,14	43,75	43,92	44,00	42,76	42,64	57,05	56,82	54,86	52,05	53,72	53,88	51,41	52,62	52,04
TiO ₂	2,18	2,15	1,96	2,19	2,22	2,19	0,68	0,74	3,67	0,98	1,81	1,56	0,74	0,72	4,42
Al ₂ O ₃	12,35	12,36	12,26	12,31	12,45	12,47	0,10	0,08	0,73	1,13	1,04	1,06	1,13	1,04	0,23
FeO	2,36	2,51	2,52	2,49	2,71	2,50	2,64	2,62	3,25	3,30	5,65	4,79	3,06	3,01	3,52
MnO	0,04	0,03	0,00	0,07	0,01	0,10	0,07	0,12	0,08	0,00	0,08	0,03	0,03	0,00	0,02
MgO	18,26	18,41	18,16	18,33	18,16	17,98	22,14	22,33	19,73	21,88	20,20	20,58	21,76	21,46	18,32
CaO	11,37	11,30	11,60	11,40	11,36	11,61	6,25	6,27	4,83	7,16	5,39	6,21	7,19	6,90	3,19
Na ₂ O	3,48	3,54	3,47	3,54	3,82	4,00	4,96	4,80	5,41	4,90	5,91	5,16	4,70	4,87	7,59
K ₂ O	0,92	1,06	1,17	1,16	1,24	1,24	4,16	4,11	4,58	4,29	4,35	4,51	4,39	4,42	4,75
Cr ₂ O ₃	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	2,30	2,34	0,30	0,20	0,01	0,14	0,05	0,05	0,31	0,72	0,02
NiO	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0,18	0,15	0,06	0,00	0,08	0,13	0,14	0,02	0,06	0,00	0,05
Total	95,09	95,09	95,06	95,48	97,20	97,23	98,41	98,08	97,25	95,94	98,34	97,84	94,78	95,74	94,16
TSi	6,44	6,37	6,41	6,39	6,17	6,14	7,95	7,94	7,82	7,42	7,53	7,60	7,41	7,54	7,56
TAl	1,56	1,63	1,59	1,61	1,83	1,86	0,02	0,01	0,12	0,48	0,28	0,24	0,27	0,20	0,04
TFe ³	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
TTi	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,04	0,06	0,10	0,19	0,17	0,08	0,08	0,40
Total	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
Ca	0,22	0,14	0,22	0,16	0,00	0,00	0,92	0,93	0,61	0,61	0,53	0,72	0,84	0,86	0,46
CTi	0,24	0,24	0,21	0,24	0,24	0,24	0,04	0,04	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08
CFe ²	0,29	0,31	0,31	0,30	0,33	0,30	0,31	0,31	0,39	0,39	0,66	0,57	0,37	0,36	0,43
CFe ³	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
CMn	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
CMg	3,97	4,00	3,95	3,97	3,90	3,86	4,60	4,65	4,19	4,65	4,22	4,33	4,68	4,58	3,97
CCr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,17	0,18	0,02	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,02	0,05	0,00
Total C	4,72	4,68	4,69	4,68	4,65	4,59	5,90	5,95	5,54	5,66	5,43	5,62	5,91	5,85	4,94
BCa	1,78	1,76	1,81	1,77	1,75	1,79	0,93	0,94	0,74	1,09	0,81	0,94	1,11	1,06	0,50
BNa	0,22	0,24	0,19	0,23	0,25	0,21	1,07	1,06	1,26	0,91	1,19	1,06	0,89	0,94	1,50
Total B	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
ANa	0,76	0,76	0,79	0,77	0,82	0,91	0,28	0,24	0,23	0,45	0,42	0,35	0,43	0,41	0,63
AK	0,17	0,20	0,22	0,21	0,23	0,23	0,74	0,73	0,83	0,78	0,78	0,81	0,81	0,81	0,88
Total A	0,94	0,96	1,01	0,99	1,05	1,14	1,01	0,98	1,07	1,22	1,19	1,16	1,23	1,22	1,51
#mg	0,93	0,93	0,93	0,93	0,92	0,93	0,94	0,94	0,92	0,92	0,86	0,88	0,93	0,93	0,90

Tabela 58- Composição química de ilmenita em xenólitos dos corpos Facão, Indaiá 1 e Limeira 1.

Código da amostra	In1-2-1	In1-2-2	In1-6-1	In1-6-2	In1-6-3	In1-6-4	In1-6-5	In1-6-7	In1-24b-1	In1-24b-2	In1-24b-4	Lm1-22-8b	Fac-5-14	In1-36-6	In1-36-8	In1-36-10a
	flogopita dunito		flogopita ilmenita piroxenito									flogopita clinopiroxenio dunito	xenólito piroxenítico	megacristal		
Tipo																
SiO ₂	0,02	0,00	0,03	0,02	0,01	0,03	0,00	0,02	0,04	0,01	0,01	0,00	0,00	0,03	0,05	0,12
TiO ₂	47,45	47,88	51,48	50,29	48,06	50,77	51,54	50,55	49,47	49,37	51,40	50,73	51,05	48,86	46,41	48,64
Al ₂ O ₃	0,12	0,14	0,11	0,06	0,08	0,14	0,10	0,08	0,16	0,20	0,21	0,10	0,00	0,12	0,16	0,04
Cr ₂ O ₃	7,52	7,58	1,65	1,57	1,53	1,52	1,51	1,58	2,12	1,98	1,84	3,56	0,08	1,60	1,86	1,10
MgO	11,87	12,12	10,87	9,40	9,37	9,43	9,97	9,57	10,07	9,92	9,79	10,10	7,90	8,91	8,62	7,07
CaO	0,06	0,02	0,01	0,05	0,01	0,00	0,03	0,02	0,03	0,01	0,00	0,04	0,02	0,04	0,02	0,00
MnO	0,31	0,29	0,44	0,31	0,35	0,35	0,41	0,36	0,30	0,32	0,28	0,85	0,85	0,45	0,47	0,23
FeO	31,56	31,97	36,37	38,20	38,83	38,01	37,34	37,49	37,67	38,02	36,90	33,26	38,33	40,78	41,32	42,20
Na ₂ O	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0,36	0,30	0,18	0,12	0,25
K ₂ O	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0,04	0,01	0,00	0,02	0,00
NiO	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0,14	0,01	0,17	0,15	0,16
Total	98,91	100,00	100,96	99,90	98,24	100,24	100,90	99,67	99,86	99,84	100,43	99,17	98,55	101,14	99,20	99,80
YTi	0,848	0,845	0,893	0,890	0,863	0,895	0,900	0,896	0,872	0,871	0,904	0,902	0,918	0,854	0,828	0,872
YFe ³⁺	0,152	0,155	0,107	0,110	0,137	0,105	0,100	0,104	0,128	0,129	0,096	0,098	0,082	0,146	0,172	0,128
Y total	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
XFe ³⁺	0,000	0,000	0,053	0,059	0,087	0,053	0,051	0,052	0,056	0,062	0,034	0,002	0,093	0,100	0,113	0,098
XFe ²⁺	0,474	0,472	0,541	0,583	0,551	0,587	0,574	0,582	0,554	0,554	0,591	0,557	0,592	0,546	0,534	0,614
XMg	0,420	0,424	0,374	0,330	0,333	0,330	0,345	0,336	0,352	0,347	0,341	0,356	0,282	0,309	0,305	0,251
XCr	0,094	0,094	0,020	0,020	0,019	0,019	0,018	0,020	0,026	0,024	0,023	0,044	0,001	0,020	0,023	0,014
XMn	0,006	0,006	0,009	0,006	0,007	0,007	0,008	0,007	0,006	0,006	0,006	0,017	0,017	0,009	0,009	0,005
XAl	0,003	0,004	0,003	0,002	0,002	0,004	0,003	0,002	0,004	0,006	0,006	0,003	0,000	0,003	0,004	0,001
XNa	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,016	0,014	0,008	0,005	0,011
XK	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,001	0,000
XNi	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,003	0,000	0,003	0,003	0,003
XCa	0,001	0,001	0,000	0,001	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000
Xtotal	1,000	1,000	0,999	0,999	1,000	0,999	1,000	1,000	0,999	1,000	1,000	1,000	1,000	0,999	0,999	0,997
FE3/FE2+FE3	0,243	0,247	0,228	0,224	0,289	0,211	0,208	0,212	0,250	0,257	0,181	0,152	0,228	0,311	0,348	0,270
#mg	0,428	0,433	0,408	0,361	0,377	0,359	0,375	0,366	0,388	0,385	0,366	0,390	0,322	0,361	0,363	0,290
Fe ₂ O ₃	8,515	8,776	9,224	9,530	12,461	8,932	8,640	8,835	10,450	10,839	7,410	5,635	9,726	14,081	15,980	12,654

Tabela 59- Composição química de ilmenita na matriz dos corpos Facão, Indaiá1 e Limeira 1 e Forca.

Código da amostra	Fac-6-11	Fac-6-11'	Fac-6-11''	Fo-2-10b"	Fo-3-12a	Fo-3-13	Fo-1-16a	Fo-1-16e	Fo-1-16e"	Fo-1-23b	Fo-6-21a	Fo-6-7b	Fo-6-6b	Lm1-25-3	Lm1-32-4b inclusão em macrocristal	In1-11-1a	In1-36-2a'	In1-36-2c'	In1-36-9b
Tipo	ilmenita com lamelas inclusão em macrocristal de olivina			macr.	macr.	macr.	matriz			borda de xenólito	macrocristal	centro de macrocristal		macrocristal	de olivina	macrocristal	macrocristal		
SiO ₂	0,00	0,02	0,00	0,04	0,04	0,00	0,04	0,05	0,02	0,06	0,03	0,02	0,01	0,00	0,01	0,14	0,11	0,02	0,12
TiO ₂	55,22	55,90	55,10	50,56	50,16	51,65	53,13	54,98	54,42	52,83	50,92	48,34	50,74	51,07	51,02	51,12	55,73	56,16	53,27
Al ₂ O ₃	0,00	0,01	0,00	0,39	0,41	0,20	0,61	0,22	0,41	1,11	0,38	0,32	0,58	0,06	0,11	0,00	0,09	0,07	0,14
Cr ₂ O ₃	0,51	0,90	1,00	0,07	0,06	0,95	0,23	0,41	0,21	1,81	0,16	2,40	0,63	3,23	3,46	1,23	1,77	1,61	1,45
MgO	11,62	11,97	11,98	8,38	8,80	9,15	12,80	20,23	17,38	20,41	8,40	8,35	9,42	12,33	12,39	12,27	15,76	15,00	9,89
CaO	0,00	0,03	0,00	0,07	0,01	0,00	0,06	0,67	0,80	0,26	0,04	0,04	0,04	0,01	0,00	0,06	0,18	0,17	0,01
MnO	0,21	0,39	0,32	0,31	0,37	0,33	0,49	0,79	0,77	0,85	0,27	0,27	0,29	0,57	0,47	0,66	1,20	0,91	0,35
FeO	31,13	31,33	30,36	38,87	38,41	36,58	32,98	23,43	26,39	23,37	39,27	38,98	38,20	30,71	31,50	33,69	25,41	26,71	36,18
Na ₂ O	0,00	0,05	0,04	0,03	0,00	0,18	0,09	0,05	0,08	0,19	0,04	0,11	0,19	0,09	0,16	0,52	0,09	0,23	0,19
K ₂ O	0,00	0,01	0,04	0,03	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,01	0,00	0,05	0,06	0,00	0,05	0,02	0,03
NiO	0,14	0,33	0,12	0,00	0,08	0,20	0,02	0,03	0,02	0,15	0,00	0,21	0,07	0,19	0,16	0,06	0,06	0,00	0,16
Total	98,84	100,94	98,94	98,73	98,35	99,26	100,44	100,86	100,50	101,09	99,50	99,04	100,17	98,28	99,33	99,75	100,43	100,89	101,81
YTi	0,972	0,963	0,967	0,906	0,899	0,918	0,907	0,888	0,898	0,849	0,906	0,869	0,889	0,903	0,892	0,880	0,939	0,946	0,921
YFe ³⁺	0,028	0,037	0,033	0,094	0,101	0,082	0,093	0,112	0,102	0,151	0,094	0,131	0,111	0,097	0,108	0,120	0,061	0,054	0,079
Y total	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
XFe ³⁺	0,012	0,011	0,005	0,081	0,085	0,055	0,072	0,095	0,088	0,079	0,079	0,052	0,084	0,001	0,007	0,099	0,007	0,014	0,035
XFe ²⁺	0,569	0,552	0,555	0,598	0,580	0,586	0,460	0,214	0,293	0,188	0,603	0,595	0,548	0,505	0,497	0,426	0,408	0,432	0,582
XMg	0,405	0,409	0,417	0,297	0,313	0,322	0,433	0,647	0,568	0,650	0,296	0,297	0,327	0,432	0,429	0,419	0,526	0,501	0,339
XCr	0,006	0,011	0,012	0,001	0,001	0,012	0,003	0,005	0,002	0,020	0,002	0,030	0,008	0,040	0,042	0,015	0,021	0,019	0,018
XMn	0,004	0,008	0,006	0,006	0,007	0,007	0,009	0,014	0,014	0,015	0,005	0,006	0,006	0,011	0,009	0,013	0,023	0,017	0,007
XAl	0,000	0,000	0,000	0,011	0,012	0,006	0,016	0,006	0,011	0,028	0,010	0,009	0,016	0,002	0,003	0,000	0,002	0,002	0,004
XNa	0,000	0,002	0,002	0,001	0,000	0,008	0,004	0,002	0,003	0,008	0,002	0,005	0,009	0,004	0,007	0,023	0,004	0,010	0,009
XK	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,001	0,002	0,000	0,001	0,000	0,001
XNi	0,003	0,006	0,002	0,000	0,002	0,004	0,000	0,001	0,000	0,003	0,000	0,004	0,001	0,004	0,003	0,001	0,001	0,000	0,003
XCa	0,000	0,001	0,000	0,002	0,000	0,000	0,001	0,015	0,019	0,006	0,001	0,001	0,001	0,000	0,000	0,002	0,004	0,004	0,000
Xtotal	1,000	0,999	1,000	0,999	0,999	1,000	0,999	0,999	0,999	0,999	0,999	1,000	1,000	1,000	1,000	0,997	0,998	0,999	0,997
FE3/FE2+FE3	0,065	0,080	0,064	0,227	0,243	0,189	0,265	0,492	0,394	0,549	0,223	0,235	0,263	0,163	0,189	0,339	0,143	0,136	0,163
#mg	0,416	0,425	0,429	0,332	0,350	0,355	0,485	0,752	0,659	0,775	0,329	0,333	0,374	0,461	0,464	0,496	0,563	0,537	0,368
Fe2O3	2,266	2,779	2,150	9,803	10,364	7,692	9,709	12,810	11,544	14,259	9,745	10,187	11,171	5,563	6,607	12,705	4,031	4,026	6,543

Tabela 60- Composição química de flogopita de xenólitos dos corpos Indaiá 1 e Limeira 1.

Código da amostra	Fac-5-2	Fo-5-9	Lm1-1-			Lm1-15-			Lm1-22-			In1-	In1-	In1-2-	In1-2-	In1-2-	In1-2-	In1-2-		
	Fac-5-2	Fo-5-9	Lm1-1-4	4b	Lm1-1-8	Lm1-15-6'	13	15	Lm1-22-18	Lm1-22-6	Lm1-22-5	In1-1-1	1-2	In1-2-1	2	3	4	5	6	
Tipo	flogopita piroxenito	flogopita dunito com Cr-espinélio	harzburgito com bolsões de flogopita e titanato			harzburgito com bolsões de flogopita			flogopita dunito com clinopiroxênio secundário			harzburgito porfiróclástico			flogopita dunito					
SiO ₂	39,98	40,06	41,09	41,81	39,81	41,44	42,47	43,21	41,92	41,54	41,54	40,84	39,89	40,86	40,72	40,51	40,34	40,75	40,41	
TiO ₂	5,54	2,43	2,75	2,76	2,81	0,71	0,47	0,87	1,74	1,65	1,73	5,53	5,37	2,01	1,97	1,72	2,19	1,97	2,13	
Al ₂ O ₃	10,50	12,53	12,57	12,80	12,57	12,65	11,90	12,28	12,07	11,86	12,07	10,78	12,35	11,49	11,59	11,60	11,61	11,62	11,55	
FeO	6,12	3,84	4,63	4,71	4,47	3,18	3,24	3,12	4,79	4,61	4,37	5,99	6,64	4,38	4,35	4,64	4,42	4,43	4,75	
MnO	0,05	0,00	0,00	0,04	0,09	0,01	0,05	0,03	0,01	0,05	0,00	0,02	0,03	0,02	0,04	0,02	0,05	0,01	0,01	
MgO	21,33	22,57	22,69	22,56	23,25	24,95	25,50	24,29	23,78	23,79	23,42	22,02	20,57	24,06	24,19	24,04	24,09	24,05	24,11	
CaO	0,03	0,00	0,00	0,00	0,06	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	0,03	0,07	0,02	0,02	0,00	0,01	
Na ₂ O	0,46	0,18	0,07	0,03	0,02	0,37	0,27	0,15	0,00	0,00	0,05	0,38	0,24	0,15	0,05	0,09	0,12	0,04	0,07	
K ₂ O	10,12	10,81	10,92	9,63	11,07	10,30	9,98	8,61	8,80	10,89	9,44	10,42	10,62	10,98	10,75	10,67	10,60	10,71	10,88	
BaO	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
Cr ₂ O ₃	0,02	1,46	1,40	1,25	1,16	1,05	1,09	1,19	0,69	0,71	0,74	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
NiO	0,12	0,18	0,22	0,24	0,18	0,30	0,26	0,21	0,20	0,20	0,28	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
Total	94,26	94,05	96,34	95,84	95,51	94,96	95,24	93,97	93,99	95,30	93,64	95,97	95,77	93,97	93,74	93,31	93,43	93,57	93,92	
TSi	5,956	5,904	5,942	6,094	5,779	5,952	6,085	6,328	6,172	6,012	6,132	5,963	5,865	5,955	5,950	5,945	5,916	5,969	5,900	
TAl	1,843	2,096	2,058	1,906	2,151	2,048	1,915	1,672	1,828	1,988	1,868	1,856	2,135	1,973	1,996	2,007	2,006	2,005	1,988	
TFe ³⁺	0,201	0,000	0,000	0,000	0,070	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,181	0,000	0,072	0,054	0,048	0,078	0,026	0,113	
Ttotal	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	
MAI	0,000	0,080	0,083	0,293	0,000	0,093	0,095	0,447	0,268	0,036	0,232	0,000	0,006	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
MMg	4,735	4,959	4,890	4,902	5,032	5,343	5,447	5,303	5,220	5,133	5,153	4,792	4,509	5,228	5,270	5,259	5,268	5,253	5,248	
MFe ²⁺	0,561	0,473	0,560	0,574	0,473	0,382	0,388	0,382	0,590	0,558	0,540	0,550	0,817	0,461	0,478	0,522	0,465	0,517	0,467	
MFe ³⁺	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
MTi	0,621	0,269	0,300	0,303	0,307	0,076	0,050	0,095	0,193	0,180	0,192	0,607	0,594	0,220	0,216	0,190	0,241	0,217	0,234	
MMn	0,006	0,000	0,000	0,005	0,011	0,001	0,005	0,004	0,001	0,006	0,000	0,003	0,004	0,003	0,005	0,002	0,007	0,001	0,001	
MCr	0,001	0,113	0,107	0,096	0,089	0,080	0,082	0,092	0,053	0,054	0,057	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
Mtotal	5,926	5,895	5,940	6,174	5,912	5,975	6,068	6,323	6,324	5,966	6,174	5,953	5,930	5,911	5,969	5,974	5,981	5,988	5,950	
IK	1,923	2,032	2,014	1,790	2,050	1,887	1,825	1,609	1,652	2,010	1,778	1,941	1,993	2,042	2,005	1,998	1,983	2,001	2,027	
INa	0,133	0,052	0,020	0,008	0,007	0,103	0,074	0,043	0,000	0,000	0,014	0,106	0,067	0,041	0,015	0,024	0,033	0,012	0,020	
ICa	0,005	0,000	0,000	0,000	0,010	0,000	0,004	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,010	0,005	0,011	0,003	0,003	0,000	0,002	
IBa	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
Itotal	2,061	2,084	2,034	1,798	2,067	1,990	1,902	1,651	1,652	2,010	1,792	2,047	2,070	2,089	2,031	2,026	2,019	2,012	2,050	
#Mg	0,861	0,913	0,897	0,895	0,903	0,933	0,933	0,933	0,898	0,902	0,905	0,868	0,847	0,907	0,908	0,902	0,907	0,906	0,901	
Al/(Al+Cr)	0,999	0,951	0,953	0,958	0,960	0,964	0,961	0,959	0,975	0,974	0,973	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	
FeOt	6,120	3,841	4,630	4,713	4,474	3,184	3,239	3,121	4,789	4,609	4,371	5,991	6,641	4,375	4,353	4,641	4,422	4,427	4,746	

Tabela 61- Composição química de flogopita de xenólitos dos corpos Indaiá 1.

Código da amostra	In1-20b-4	In1-20b-5	In1-20b-6	In1-24b-1	In1-24b-2	In1-24b-3	In1-24b-4	In1-24b-5	In1-24b-6	Lm1-26a-4a	Lm1-26a-11a	Lm1-26a-11b	Lm1-26a-11c	Lm1-28-1e
	harzburgito com bolsões de flogopita			flogopitito						harzburgito com bolsões de flogopita				dunito com bolsões de flogopita
Tipo														
SiO ₂	39,68	39,22	38,05	40,37	39,86	41,09	40,87	40,53	40,89	39,14	40,51	41,25	39,59	43,32
TiO ₂	2,34	2,01	2,35	3,24	3,25	3,08	3,17	3,14	3,08	2,77	2,67	2,68	2,75	0,54
Al ₂ O ₃	14,26	13,97	13,66	11,94	12,13	11,91	12,17	12,14	12,32	12,35	12,17	12,30	12,36	9,21
FeO	2,91	2,77	2,98	5,93	5,75	5,91	5,73	5,83	5,61	5,25	5,33	5,43	5,19	4,57
MnO	0,05	0,01	0,01	0,05	0,00	0,03	0,01	0,02	0,04	0,07	0,09	0,02	0,01	0,00
MgO	23,11	23,28	23,02	22,52	22,81	23,18	22,91	22,89	22,98	21,61	22,77	22,57	22,66	24,67
CaO	0,01	0,01	0,03	0,02	0,06	0,00	0,00	0,01	0,02	0,01	0,00	0,00	0,01	0,06
Na ₂ O	0,21	0,22	0,23	0,07	0,08	0,03	0,04	0,12	0,09	0,16	0,04	0,10	0,21	0,35
K ₂ O	10,52	10,14	10,52	10,59	10,64	10,70	10,62	10,72	10,61	10,07	11,13	10,82	11,03	10,43
BaO	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Cr ₂ O ₃	2,09	2,05	2,19	0,44	0,39	0,33	0,36	0,42	0,47	1,25	1,06	1,02	1,11	0,40
NiO	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0,30	0,21	0,22	0,43	0,22
Total	95,18	93,68	93,05	95,16	94,98	96,26	95,87	95,81	96,10	92,97	95,99	96,40	95,35	93,78
TSi	5,766	5,774	5,648	5,907	5,828	5,931	5,925	5,877	5,911	5,880	5,874	5,964	5,770	6,323
TAl	2,234	2,226	2,352	2,060	2,090	2,026	2,075	2,074	2,089	2,120	2,080	2,036	2,123	1,584
TFe ³⁺	0,000	0,000	0,000	0,033	0,081	0,044	0,000	0,049	0,000	0,000	0,046	0,000	0,108	0,093
Ttotal	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000
Mal	0,209	0,197	0,037	0,000	0,000	0,000	0,004	0,000	0,009	0,067	0,000	0,059	0,000	0,000
MMg	5,005	5,110	5,094	4,913	4,972	4,987	4,951	4,948	4,951	4,840	4,922	4,864	4,924	5,366
MFe ²⁺	0,354	0,341	0,370	0,693	0,622	0,670	0,694	0,657	0,678	0,660	0,600	0,656	0,525	0,466
MFe ³⁺	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
MTi	0,256	0,223	0,262	0,356	0,357	0,334	0,345	0,342	0,334	0,313	0,292	0,292	0,302	0,059
MMn	0,006	0,001	0,002	0,006	0,000	0,004	0,002	0,003	0,005	0,009	0,011	0,002	0,001	0,000
MCr	0,160	0,159	0,171	0,034	0,030	0,025	0,027	0,032	0,036	0,099	0,081	0,077	0,086	0,031
Mtotal	5,991	6,031	5,936	6,001	5,982	6,020	6,024	5,982	6,014	5,987	5,905	5,951	5,837	5,922
IK	1,949	1,905	1,992	1,976	1,985	1,970	1,964	1,983	1,956	1,929	2,059	1,995	2,052	1,943
INa	0,058	0,063	0,066	0,020	0,024	0,010	0,012	0,034	0,026	0,046	0,011	0,029	0,059	0,100
ICa	0,002	0,001	0,005	0,003	0,010	0,000	0,000	0,002	0,004	0,002	0,000	0,000	0,002	0,010
IBa	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Itotal	2,009	1,969	2,064	1,999	2,018	1,980	1,976	2,018	1,986	1,977	2,070	2,024	2,113	2,052
#Mg	0,934	0,937	0,932	0,871	0,876	0,875	0,877	0,875	0,880	0,880	0,884	0,881	0,886	0,906
Al/(Al+Cr)	0,938	0,938	0,933	0,984	0,986	0,988	0,987	0,985	0,983	0,957	0,963	0,964	0,961	0,981

Tabela 62- Composição química de flogopita de xenólitos dos corpos Indaiá1 e Limeira 1.

Código da amostra	In1-6-1	In1-6-2	In1-6-3	In1-6-4	In1-6-5	In1-6-6	In1-6-7	In1-6-8	Lm1-38-6a	Lm1-38-11b	Lm1-38-4f	Lm1-41-4a	Lm1-14-4c'	Lm1-32-2g
									flogopita wehrlito			flogopita wehrlito		
Tipo				flogopita ilmenita wehrlito					flogopita wehrlito					
SiO ₂	41,38	41,37	41,58	41,42	41,74	41,25	41,24	41,57	40,81	41,20	40,91	42,20	40,54	40,29
TiO ₂	1,81	1,42	1,51	1,37	1,51	1,52	1,44	1,40	1,24	1,26	1,24	1,66	2,39	4,43
Al ₂ O ₃	11,06	10,98	11,18	10,96	11,03	11,07	10,75	11,11	11,51	11,65	11,50	11,44	12,75	13,27
FeO	6,36	6,41	6,48	6,60	6,51	6,31	6,29	6,01	4,26	3,87	3,60	5,01	3,11	5,57
MnO	0,02	0,05	0,01	0,03	0,03	0,05	0,03	0,02	0,00	0,02	0,01	0,00	0,02	0,09
MgO	24,32	24,23	24,63	24,36	24,44	24,07	24,54	24,21	23,74	24,53	24,05	23,78	24,27	21,39
CaO	0,05	0,03	0,05	0,03	0,00	0,00	0,02	0,02	0,00	0,00	1,00	0,04	0,00	0,02
Na ₂ O	0,22	0,22	0,10	0,20	0,09	0,10	0,08	0,16	0,05	0,22	0,17	0,36	0,15	0,04
K ₂ O	10,61	10,80	10,78	10,85	10,81	10,81	10,78	10,67	10,70	10,24	10,54	11,10	11,11	10,39
BaO	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Cr ₂ O ₃	0,17	0,18	0,21	0,13	0,21	0,20	0,19	0,19	0,93	0,70	0,85	0,30	1,31	0,98
NiO	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0,28	0,25	0,27	0,14	0,23	0,11
Total	95,99	95,69	96,53	95,94	96,37	95,43	95,34	95,35	93,52	93,94	94,13	96,02	95,89	96,59
TSi	5,939	5,951	5,933	5,941	5,970	5,957	5,951	5,998	6,006	6,006	5,963	6,042	5,817	5,869
TAl	1,871	1,861	1,880	1,853	1,860	1,883	1,828	1,889	1,994	1,994	1,975	1,931	2,156	2,131
TFe ³⁺	0,190	0,189	0,187	0,207	0,170	0,160	0,221	0,113	0,000	0,000	0,062	0,027	0,026	0,000
Ttotal	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000
Mal	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,003	0,008	0,000	0,000	0,000	0,147
MMg	5,205	5,196	5,238	5,210	5,211	5,181	5,279	5,208	5,209	5,329	5,225	5,076	5,190	4,645
MFe ²⁺	0,574	0,583	0,586	0,585	0,609	0,601	0,538	0,611	0,524	0,472	0,377	0,572	0,347	0,679
MFe ³⁺	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
MTi	0,195	0,154	0,162	0,147	0,162	0,165	0,156	0,152	0,137	0,138	0,135	0,179	0,258	0,485
MMn	0,002	0,006	0,002	0,003	0,004	0,006	0,003	0,003	0,000	0,002	0,001	0,000	0,003	0,011
MCr	0,013	0,013	0,016	0,010	0,016	0,015	0,014	0,014	0,072	0,054	0,065	0,022	0,099	0,075
Mtotal	5,989	5,952	6,004	5,955	6,002	5,969	5,990	5,989	5,945	6,003	5,804	5,850	5,897	6,043
IK	1,943	1,982	1,962	1,986	1,973	2,003	1,984	1,964	2,009	1,904	1,960	2,028	2,034	1,930
INa	0,061	0,062	0,026	0,055	0,024	0,027	0,023	0,044	0,013	0,063	0,048	0,099	0,043	0,011
ICa	0,007	0,004	0,008	0,004	0,000	0,000	0,004	0,003	0,000	0,000	0,156	0,007	0,000	0,003
IBa	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Itotal	2,011	2,048	1,996	2,045	1,998	2,031	2,010	2,011	2,022	1,968	2,165	2,134	2,077	1,945
#Mg	0,872	0,871	0,871	0,868	0,870	0,872	0,874	0,878	0,909	0,919	0,922	0,894	0,933	0,872
Al/(Al+Cr)	0,993	0,993	0,992	0,995	0,992	0,992	0,992	0,993	0,965	0,974	0,968	0,989	0,956	0,968

Tabela 63- Composição química de flogopita da macrocristais e megacristais da matriz dos corpos Indaiá1 e Limeira 1.

Código da amostra	Lm1-40-1	Lm1-41-3	In1-20d-9f	In1-11-7a	In1-11-12a	In1-36-4	In1-36-5	In1-36-3	In1-36a-5	In1-36a-6	In1-36a-7	In1-36a-8	Lm1-38-1	Lm1-25-5
	macrocristal	macrocristal	macrocristal	macrocristal em nódulo esverdeado		megacristal de flogopita								nódulo esverdeado
Tipo														
SiO ₂	40,68	41,05	42,91	41,91	41,63	42,73	40,72	41,65	40,15	41,31	38,87	40,80	36,87	41,21
TiO ₂	1,22	1,80	0,04	1,37	1,35	0,28	0,29	0,31	1,72	0,29	0,44	0,19	1,78	1,35
Al ₂ O ₃	11,75	11,68	5,27	8,28	9,49	11,65	12,03	11,98	11,00	11,20	11,12	10,93	9,86	8,40
FeO	5,44	4,36	10,10	7,24	6,07	5,17	5,46	5,51	4,85	5,24	4,91	5,76	10,18	7,74
MnO	0,00	0,01	0,18	0,13	0,04	0,07	0,02	0,04	0,00	0,03	0,02	0,02	0,33	0,04
MgO	22,54	23,58	29,21	24,43	24,81	24,19	24,74	24,57	23,70	24,29	24,33	25,35	25,96	24,07
CaO	0,06	0,03	0,27	0,20	0,24	0,03	0,00	0,08	0,02	0,00	0,00	0,00	1,74	0,01
Na ₂ O	0,42	0,27	0,50	0,13	0,07	0,22	0,16	0,20	0,15	0,13	0,25	0,27	0,39	0,02
K ₂ O	9,83	10,86	4,36	10,59	10,61	10,49	10,63	10,33	10,38	9,87	10,42	10,59	5,03	10,03
BaO	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0,33	0,02	0,00	0,19	n.d.	n.d.
Cr ₂ O ₃	0,67	0,46	0,02	0,05	0,04	0,12	0,26	0,01	0,35	0,24	0,10	0,04	0,00	0,00
NiO	0,15	0,15	0,07	0,00	0,00	0,15	0,11	0,12	0,23	0,21	0,15	0,07	0,02	0,00
Total	92,76	94,26	92,93	94,31	94,35	95,12	94,42	94,81	92,89	92,84	90,61	94,20	92,15	92,86
TSi	6,055	5,984	6,346	6,137	6,062	6,150	5,886	6,001	5,956	6,092	5,831	5,900	5,546	6,142
TAl	1,945	2,006	0,918	1,428	1,628	1,850	2,050	1,999	1,924	1,908	1,966	1,862	1,747	1,475
TFe ³⁺	0,000	0,010	0,736	0,435	0,310	0,000	0,064	0,000	0,121	0,000	0,203	0,237	0,706	0,383
Ttotal	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000
MAI	0,116	0,000	0,000	0,000	0,000	0,127	0,000	0,035	0,000	0,039	0,000	0,000	0,000	0,000
MMg	5,001	5,124	6,441	5,332	5,386	5,191	5,332	5,279	5,241	5,341	5,442	5,466	5,822	5,348
MFe ²⁺	0,677	0,522	0,514	0,451	0,429	0,622	0,597	0,664	0,480	0,647	0,413	0,459	0,574	0,582
MFe ³⁺	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
MTi	0,137	0,198	0,005	0,151	0,148	0,030	0,031	0,034	0,192	0,032	0,050	0,021	0,201	0,151
MMn	0,000	0,001	0,023	0,016	0,005	0,009	0,002	0,005	0,000	0,004	0,003	0,002	0,041	0,005
MCr	0,053	0,036	0,002	0,004	0,003	0,009	0,020	0,000	0,027	0,018	0,008	0,003	0,000	0,000
Mtotal	5,984	5,880	6,984	5,954	5,971	5,988	5,982	6,018	5,941	6,080	5,915	5,951	6,639	6,086
IK	1,867	2,020	0,822	1,979	1,970	1,927	1,961	1,899	1,964	1,856	1,994	1,954	0,965	1,907
INa	0,123	0,077	0,142	0,036	0,021	0,062	0,045	0,057	0,045	0,037	0,073	0,076	0,113	0,005
ICa	0,009	0,005	0,043	0,031	0,038	0,005	0,000	0,012	0,003	0,000	0,000	0,000	0,280	0,001
IBa	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,019	0,001	0,000	0,011	0,000	0,000
Itotal	1,998	2,102	1,008	2,046	2,029	1,994	2,005	1,968	2,031	1,894	2,067	2,041	1,358	1,914
#Mg	0,881	0,906	0,837	0,857	0,879	0,893	0,890	0,888	0,897	0,892	0,898	0,887	0,820	0,847
Al/(Al+Cr)	0,975	0,983	0,998	0,997	0,998	0,995	0,990	1,000	0,986	0,991	0,996	0,998	1,000	1,000

Tabela 64- Composição química de flogopita da macrocristais e megacristais da matriz dos corpos Indaiá 2 e Facão.

Código da amostra	In2-1-21	In2-1-30	In2-1-36	Fac1a-3	Fac-1-6a'	Fac-1-6b'	Fac1-10'	Fac-1-10b'	Fac-1-12a'	In2-1-5'	In2-1-7'
	borda de olivina	matriz próximo a xenólitos de nefelinito	macrocristal								
Tipo				matriz						matriz	
SiO ₂	43,11	38,90	40,28	38,49	39,30	39,45	40,67	37,39	40,83	40,09	36,56
TiO ₂	4,44	6,55	6,59	0,92	5,06	5,57	5,76	6,30	6,08	6,05	6,84
Al ₂ O ₃	6,99	11,56	10,08	10,01	10,88	9,73	9,29	11,18	9,22	8,69	8,98
FeO	7,35	5,99	6,47	10,31	6,22	6,79	6,41	5,85	6,82	6,72	6,51
MnO	0,02	0,09	0,07	0,15	0,05	0,04	0,07	0,05	0,08	0,08	0,15
MgO	21,72	20,10	20,34	18,64	21,46	21,17	21,09	21,19	21,07	20,23	18,78
CaO	0,05	0,05	0,02	0,72	0,29	0,06	0,00	0,02	0,07	0,00	0,00
Na ₂ O	1,09	0,39	0,38	0,20	0,38	0,42	0,79	1,26	1,74	0,73	0,94
K ₂ O	10,38	9,37	9,77	4,34	10,41	9,33	10,35	9,12	10,69	10,06	9,35
BaO	n.d.	n.d.	n.d.	0,54	2,68	2,73	0,88	5,01	1,36	1,49	2,39
Cr ₂ O ₃	0,01	0,04	0,00	0,00	0,05	0,08	0,03	0,01	0,02	0,04	0,00
NiO	0,16	0,00	0,10	0,00	0,09	0,09	0,04	0,02	0,12	0,00	0,00
Total	95,30	93,03	94,09	84,31	96,87	95,46	95,38	97,39	98,11	94,18	90,49
TSi	6,342	5,912	6,068	6,523	5,787	5,935	6,028	5,544	5,876	6,075	5,818
TAl	1,212	2,071	1,789	1,477	1,889	1,726	1,624	1,953	1,564	1,552	1,685
TFe ³⁺	0,446	0,017	0,143	0,000	0,324	0,340	0,348	0,503	0,560	0,372	0,497
Ttotal	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000
MAI	0,000	0,000	0,000	0,522	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
MMg	4,764	4,553	4,568	4,710	4,712	4,749	4,660	4,684	4,519	4,569	4,455
MFe ²⁺	0,459	0,745	0,673	1,461	0,442	0,514	0,446	0,223	0,261	0,480	0,369
MFe ³⁺	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
MTi	0,491	0,749	0,747	0,117	0,560	0,631	0,643	0,702	0,658	0,690	0,819
MMn	0,002	0,012	0,009	0,022	0,006	0,005	0,008	0,006	0,010	0,010	0,020
MCr	0,001	0,003	0,000	0,000	0,004	0,006	0,002	0,001	0,001	0,003	0,000
Mtotal	5,717	6,062	5,996	6,831	5,725	5,904	5,759	5,617	5,450	5,752	5,664
IK	1,948	1,816	1,877	0,938	1,956	1,790	1,957	1,724	1,963	1,946	1,898
INa	0,309	0,115	0,111	0,065	0,108	0,124	0,228	0,363	0,484	0,214	0,289
ICa	0,007	0,007	0,003	0,130	0,047	0,010	0,000	0,003	0,011	0,000	0,000
IBa	0,000	0,000	0,000	0,036	0,155	0,161	0,051	0,291	0,077	0,088	0,149
Itotal	2,265	1,938	1,992	1,169	2,265	2,085	2,236	2,381	2,535	2,248	2,336
#Mg	0,840	0,857	0,849	0,763	0,860	0,848	0,854	0,866	0,846	0,843	0,837
Al/(Al+Cr)	0,999	0,999	1,000	1,000	0,998	0,996	0,999	1,000	0,999	0,998	1,000

Tabela 65- Composição química de titanatos de xenólitos e macrocristais corpos Indaiá 1 e Limeira 1.

Código da amostra	Lm1-1-2a	Lm1-1-2b	Lm1-1-13c	Lm1-1-2c	Fo-3 13b	In1-36-2a	In1-36-2b	In1-36-2b'
	harzburgito com bolsões de flogopita e titanato				macrocristal de ilmenita	macrocristal de ilmenita		
tipo								
SiO ₂	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,04	0,00	0,00
TiO ₂	56,00	64,25	5,05	59,36	45,03	90,19	82,54	73,13
Al ₂ O ₃	0,58	0,82	3,52	0,82	0,32	0,00	0,10	0,10
FeO	7,29	10,38	28,92	10,52	31,51	0,72	4,43	7,28
MnO	0,00	0,01	0,24	0,05	1,85	0,00	0,06	0,00
MgO	2,34	3,57	9,94	3,57	7,23	0,81	1,17	1,76
CaO	1,65	1,48	0,05	1,58	0,24	0,08	0,24	1,25
Na ₂ O	0,33	0,16	0,00	0,11	0,53	0,24	0,18	0,60
K ₂ O	7,90	1,02	0,00	0,89	1,95	2,44	8,52	10,57
Cr ₂ O ₃	14,91	14,74	51,82	14,66	1,76	2,36	1,78	1,55
NiO	0,13	0,09	0,27	0,13	0,13	0,00	0,00	0,06
Total	91,14	96,53	99,81	91,69	90,60	96,89	99,02	96,30

Tabela 66- Composição química de perovskita da macrocristais e megacristais da matriz dos corpos Indaiá 2, Facão, Forca 1.

Código da amostra	In2-1-13	In2-1-22	In2-1-23	Fac-5-9	Fac-6-3	Fac-6-3'	Fac-8-6	Fo-2-5a	Fo-2-5b	Fo-2-5f	Fo-2-5h	Fo-2-13	Fo-2-34	Fo-3-12b	Fo-1-9	Fo-1-13a	Fo-1-13b	Fo-1-15d
Tipo	matriz			matriz	matriz					matriz				matriz		matriz		
SiO ₂	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,07	0,73	0,08	0,00	0,23	0,01	2,07	3,17	0,00	0,25	0,12	0,14	0,06
TiO ₂	53,49	53,47	52,60	55,86	54,46	54,89	55,32	56,56	55,73	58,43	57,06	37,37	47,84	40,67	55,39	53,47	53,07	58,28
Al ₂ O ₃	0,28	0,25	0,26	0,07	0,00	0,10	0,12	0,08	0,05	0,14	0,02	0,25	0,19	0,35	0,10	0,08	0,10	0,02
FeO	2,12	2,07	2,28	0,74	1,23	1,03	1,47	1,15	1,31	1,76	1,44	22,72	9,16	22,27	1,74	1,64	2,10	1,54
MnO	0,00	0,00	0,03	0,05	0,00	0,00	0,12	0,10	0,03	0,00	0,04	0,39	0,33	0,20	0,00	0,02	0,01	0,00
MgO	0,10	0,00	0,07	0,11	0,31	0,06	0,14	0,14	0,02	0,18	0,06	5,62	6,12	3,82	0,30	0,14	0,22	0,07
CaO	36,62	36,65	36,69	39,01	37,26	38,41	36,96	39,28	37,88	37,42	36,36	20,18	23,15	21,66	32,74	32,83	36,07	33,54
Na ₂ O	0,35	0,25	0,27	0,24	0,30	0,44	0,85	0,44	0,63	0,66	0,98	0,55	1,24	0,87	1,30	1,34	1,22	1,33
K ₂ O	0,09	0,07	0,03	0,08	0,15	0,14	0,19	0,00	0,00	0,12	0,06	0,11	0,24	0,08	0,12	0,11	0,11	0,04
Cr ₂ O ₃	0,00	0,10	0,00	0,01	0,04	0,18	0,12	1,03	0,62	0,03	0,47	0,97	0,04	0,08	0,37	0,42	0,04	0,42
NiO	0,13	0,13	0,08	0,00	0,00	0,03	0,06	0,00	0,08	0,02	0,00	0,13	0,01	0,02	0,05	0,00	0,00	0,00
Total	93,19	92,99	92,35	96,19	93,74	95,35	96,08	98,86	96,35	98,98	96,48	90,36	91,49	90,01	92,36	90,18	93,10	95,29
BTi	0,974	0,978	0,967	0,985	0,985	0,975	0,972	0,973	0,983	1,000	1,000	0,689	0,857	0,760	1,000	1,000	0,957	1,000
BFe ³⁺	0,026	0,021	0,033	0,015	0,014	0,021	0,009	0,013	0,010	0,000	0,000	0,248	0,067	0,239	0,000	0,000	0,039	0,000
Bl	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,002	0,017	0,002	0,000	0,005	0,000	0,051	0,075	0,000	0,006	0,003	0,003	0,002
Ttotal	1,000	0,999	1,000	1,000	0,999	0,998	0,999	0,988	0,992	1,005	1,000	0,988	0,999	0,999	1,006	1,003	0,999	1,002
AFe ³⁺	0,017	0,022	0,014	0,000	0,010	0,000	0,019	0,009	0,016	0,033	0,028	0,218	0,115	0,223	0,036	0,034	0,003	0,000
AAI	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,031
AMg	0,004	0,000	0,002	0,004	0,011	0,002	0,005	0,005	0,001	0,006	0,002	0,205	0,217	0,141	0,011	0,005	0,008	0,002
AFe ²⁺	0,000	0,001	0,000	0,000	0,001	0,002	0,001	0,012	0,008	0,000	0,006	0,012	0,001	0,001	0,005	0,005	0,001	0,005
AK	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000	0,000	0,002	0,002	0,001	0,000	0,001	0,008	0,007	0,004	0,000	0,001	0,000	0,000
ANi	0,008	0,007	0,008	0,002	0,000	0,003	0,003	0,002	0,001	0,004	0,001	0,007	0,005	0,010	0,003	0,002	0,003	0,001
ACr	0,016	0,012	0,013	0,011	0,014	0,020	0,038	0,019	0,029	0,029	0,045	0,026	0,057	0,042	0,061	0,065	0,057	0,061
AMn	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
ATi	0,003	0,002	0,001	0,002	0,005	0,004	0,006	0,000	0,000	0,003	0,002	0,004	0,007	0,002	0,004	0,004	0,003	0,001
ACa	0,003	0,003	0,002	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000	0,002	0,000	0,000	0,003	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000
ATotal	0,950	0,955	0,960	0,980	0,960	0,971	0,925	0,962	0,951	0,915	0,912	0,530	0,591	0,576	0,856	0,877	0,926	0,855

Tabela 67- Composição química de perovskita da matriz dos corpos Forca 1, Indaiá 1 e Limeira 1.

Código da amostra	Fo					Lm1-1-		Lm1-25-	Lm1-20-	Lm1-38-	In1-			In1-11-	In1-25a-	In1-25a-	In1-36-1	In1-36-2e	In1-36-2f
	Fo-1-16b	Fo-1-16d	Fo-1-23e	Fo-6-21b	Fo-6-21c	Lm1-1-12	12a	lj	2e	1b	In1-6-1	In1-2-1	In1-24b-1	14b	6b	6b			
Tipo	matriz		matriz		matriz		Matriz	matriz	matriz	matriz	matriz	matriz	matriz	matriz	matriz			matriz	
SiO ₂	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,19	0,00	0,11	0,08	2,94	7,47	0,17	6,57	3,63	0,00	0,03	7,13
TiO ₂	50,39	55,82	56,59	45,57	55,83	51,80	56,07	57,96	54,73	53,08	57,87	50,68	35,97	50,37	53,85	56,91	54,68	53,64	51,24
Al ₂ O ₃	0,07	0,04	0,06	0,16	0,11	0,00	0,04	0,12	0,11	0,19	n.d.	n.d.	n.d.	0,19	0,00	0,00	0,16	0,11	0,13
FeO	8,67	1,28	1,50	13,96	1,08	1,65	1,24	1,48	1,52	1,99	1,54	2,27	12,03	2,06	2,78	2,29	1,67	2,15	3,41
MnO	0,25	0,05	0,05	0,15	0,04	0,03	0,00	0,02	0,07	0,00	n.d.	n.d.	n.d.	0,03	0,00	0,07	0,07	0,04	0,01
MgO	1,50	0,06	0,06	2,38	0,05	0,08	0,10	0,04	0,07	0,11	0,06	0,66	2,48	0,00	1,75	0,71	0,00	0,11	1,02
CaO	27,39	36,83	36,19	26,85	39,22	36,05	38,11	37,96	37,64	38,08	39,18	33,99	32,64	37,79	27,58	29,38	32,77	34,72	28,12
Na ₂ O	1,46	0,91	1,04	1,18	0,83	0,43	0,57	1,07	0,59	0,24	0,36	1,37	0,34	0,18	3,44	2,86	1,07	0,98	0,10
K ₂ O	0,12	0,05	0,07	0,06	0,03	0,05	0,06	0,09	0,07	0,01	n.d.	n.d.	n.d.	0,03	0,64	0,47	0,05	0,04	0,37
Cr ₂ O ₃	0,09	0,11	0,37	0,23	0,16	0,73	0,65	0,08	0,72	0,04	0,47	0,78	0,23	0,00	0,14	0,18	0,00	0,03	1,58
NiO	0,11	0,00	0,00	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11	0,00	n.d.	n.d.	n.d.	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total	90,07	95,20	95,94	90,63	97,35	90,81	96,91	99,01	95,64	93,86	99,55	92,68	91,15	90,85	96,76	96,50	90,48	91,85	93,10
BTi	0,946	0,992	1,000	0,845	0,967	0,970	0,983	0,989	0,971	0,958	0,990	0,914	0,644	0,936	0,909	0,982	1,000	0,988	0,942
BFe ³⁺	0,053	0,006	0,000	0,152	0,031	0,021	0,008	0,005	0,020	0,039	0,002	0,006	0,175	0,059	0,000	0,000	0,000	0,011	0,000
BAI	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,004	0,000	0,003	0,002	0,070	0,178	0,004	0,147	0,083	0,000	0,001	0,174
Ttotal	0,999	0,999	1,000	0,997	0,998	0,990	0,992	0,999	0,991	0,999	0,994	0,990	0,997	1,000	1,057	1,065	1,000	1,000	1,116
AFe ³⁺	0,128	0,020	0,030	0,135	0,000	0,013	0,016	0,023	0,010	0,001	0,027	0,040	0,064	0,000	0,052	0,044	0,000	0,033	0,000
AAI	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,035	0,000	0,070
AMg	0,056	0,002	0,002	0,088	0,002	0,003	0,004	0,001	0,003	0,004	0,002	0,024	0,088	0,000	0,059	0,024	0,000	0,004	0,037
AFe ²⁺	0,001	0,001	0,005	0,003	0,002	0,010	0,008	0,001	0,009	0,001	0,006	0,010	0,003	0,000	0,002	0,002	0,000	0,000	0,020
AK	0,005	0,001	0,001	0,003	0,001	0,001	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,001	0,002	0,001	0,000
ANi	0,002	0,001	0,002	0,005	0,003	0,000	0,001	0,003	0,003	0,005	0,000	0,000	0,000	0,005	0,000	0,000	0,005	0,003	0,004
ACr	0,071	0,042	0,047	0,057	0,037	0,021	0,026	0,047	0,027	0,011	0,016	0,064	0,016	0,009	0,150	0,127	0,052	0,047	0,005
AMn	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
ATI	0,004	0,002	0,002	0,002	0,001	0,002	0,002	0,003	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,018	0,014	0,002	0,001	0,012
Aca	0,002	0,000	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
ATotal	0,732	0,932	0,911	0,709	0,967	0,961	0,951	0,923	0,951	0,978	0,955	0,873	0,832	1,000	0,663	0,722	0,877	0,911	0,736

Tabela 68- Composição química de monticellita intersticial em xenólitos, piroxenito e na matriz do corpo Limeira 1.

Código da amostra	Lm1-1-11 intersticial em dunito com flogopita	Lm1-14-13b	Lm1-14-15b intersticial piroxenito	Lm1-14-16	Lm1-20-2g	Lm1-20-2h macrocristal de olivina	Lm1-20-2k	Lm1-20-25	Lm1-22-14e borda de reação com flogopita	Lm1-22-18 dunito com bolsões de cpx	Lm1-25-1c borda de nódulo verde	Lm1-32-2c intersticial em olivina porfiroclástica
tipo												
SiO ₂	36,42	34,92	35,36	35,25	36,24	37,40	38,10	37,54	36,91	37,23	36,41	36,91
TiO ₂	0,00	1,12	0,02	0,10	0,11	0,05	0,09	0,00	0,16	0,12	0,00	0,02
Al ₂ O ₃	0,00	0,00	0,10	0,03	0,00	0,08	0,06	0,03	0,11	0,00	0,00	0,01
FeO	4,22	4,35	4,12	9,05	9,38	3,14	3,27	4,09	4,77	4,22	9,94	5,83
MnO	0,21	0,21	0,27	0,40	0,54	0,43	0,54	0,27	0,23	0,35	0,53	0,22
MgO	22,90	22,56	23,42	20,59	20,28	24,81	25,32	23,70	22,56	23,20	19,59	22,95
CaO	34,76	35,01	35,07	33,44	32,68	33,81	34,18	35,75	34,88	36,84	33,21	35,28
Na ₂ O	0,00	0,46	0,27	0,00	0,08	0,00	0,06	0,04	0,19	0,06	0,13	0,00
K ₂ O	0,04	0,00	0,02	0,03	0,00	0,03	0,08	0,00	0,07	0,00	0,02	0,10
Cr ₂ O ₃	0,00	0,06	0,01	0,00	0,00	0,01	0,06	0,00	0,11	0,03	0,02	0,02
NiO	0,06	0,07	0,10	0,03	0,00	0,03	0,00	0,09	0,13	0,00	0,00	0,16
Total	98,61	98,76	98,77	98,92	99,31	99,81	101,77	101,52	100,11	102,04	99,85	101,50
TSi	0,979	0,938	0,945	0,963	0,988	0,986	0,985	0,979	0,980	0,969	0,991	0,969
TFe ³⁺	0,021	0,062	0,055	0,037	0,012	0,014	0,015	0,021	0,020	0,031	0,009	0,031
TAl	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Ttotal	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
M1Fe ³⁺	0,022	0,039	0,066	0,033	0,011	0,011	0,013	0,022	0,018	0,029	0,016	0,032
M1Al	0,000	0,000	0,003	0,001	0,000	0,002	0,002	0,001	0,003	0,000	0,000	0,000
M1Mg	0,918	0,903	0,933	0,838	0,824	0,975	0,976	0,922	0,893	0,900	0,795	0,898
M1Fe ²⁺	0,051	0,000	0,000	0,136	0,191	0,045	0,042	0,046	0,068	0,032	0,202	0,065
M1K	0,001	0,000	0,001	0,001	0,000	0,001	0,003	0,000	0,002	0,000	0,001	0,003
M1Ni	0,001	0,002	0,002	0,001	0,000	0,001	0,000	0,002	0,003	0,000	0,000	0,003
M1Cr	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000
M1Mn	0,005	0,005	0,006	0,009	0,012	0,010	0,012	0,006	0,005	0,008	0,012	0,005
M1Ti	0,000	0,023	0,000	0,002	0,002	0,001	0,002	0,000	0,003	0,002	0,000	0,000
M1Ca	1,001	1,007	1,004	0,978	0,955	0,955	0,947	0,999	0,992	1,027	0,968	0,992
M1Total	2,000	1,979	2,015	2,000	1,996	2,000	1,997	1,998	1,990	1,997	1,993	2,000
#Mg	0,947	1,000	1,000	0,860	0,812	0,956	0,958	0,952	0,930	0,966	0,798	0,933
#Fe3	0,457	1,000	1,000	0,342	0,109	0,357	0,402	0,480	0,361	0,656	0,109	0,493
#Mg(total)	0,906	0,900	0,885	0,802	0,794	0,934	0,932	0,912	0,894	0,907	0,778	0,875

Tabela 69- Composição química de monticellita da macrocristais e megacristais da matriz dos corpos Indaiá1 e Limeira 1.

Código da amostra	Lm1-36-14b intersticial em harzburgito com Cr- espinélio	Lm1-38-4d borda de flogopita wehrlito	Lm1-40-10b matriz	Lm1-41-2a	Lm1-41-2b aglomerado na matriz	Lm1-41-2e	Lm1-41-4c microxenólito flogopita piroxenito	Lm1-41-14a megacristal de olivina intersticial	In1-33-8c entre os mosaico de harzburgito porfiroclástico	In1-33-11b aglomerado da matriz	In1-25a-1 intersticial em cislhado de olivina	In1-25a-11b megacristal de olivina
tipo												
SiO ₂	37,08	37,12	37,50	35,64	37,72	37,64	36,55	37,22	37,23	37,60	37,42	36,86
TiO ₂	0,03	0,02	0,01	0,07	0,00	0,02	0,35	0,05	0,03	0,04	0,00	0,05
Al ₂ O ₃	0,01	0,00	0,03	0,00	0,00	0,03	0,00	0,01	0,01	0,00	0,01	0,00
FeO	3,18	2,85	4,17	9,68	2,78	3,32	5,17	4,13	7,09	2,34	4,10	4,58
MnO	0,27	0,20	0,34	0,43	0,22	0,27	0,38	0,13	0,25	0,23	0,19	0,19
MgO	23,34	23,18	23,53	21,02	24,23	23,94	22,26	23,36	21,94	24,88	24,04	24,10
CaO	34,36	34,82	33,25	31,57	34,90	35,72	34,42	33,66	33,60	34,43	34,27	33,26
Na ₂ O	0,10	0,37	0,02	0,17	0,09	0,13	0,11	0,00	0,06	0,06	0,03	0,06
K ₂ O	0,04	0,04	0,02	0,01	0,04	0,06	0,00	0,03	0,02	0,04	0,04	0,00
Cr ₂ O ₃	0,00	0,57	0,01	0,01	0,01	0,04	0,20	0,00	0,17	0,12	0,29	0,01
NiO	0,11	0,01	0,07	0,00	0,04	0,06	0,00	0,03	0,06	0,04	0,01	0,07
Total	98,51	99,18	98,94	98,60	100,05	101,22	99,44	98,63	100,45	99,78	100,41	99,17
TSi	0,994	0,989	1,003	0,975	0,992	0,981	0,981	0,999	0,994	0,989	0,986	0,982
TFe ³⁺	0,006	0,011	0,000	0,025	0,008	0,019	0,019	0,001	0,006	0,011	0,014	0,018
TAI	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Ttotal	1,000	1,000	1,003	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
M1Fe ³⁺	0,011	0,010	0,000	0,031	0,013	0,024	0,004	0,000	0,003	0,009	0,007	0,019
M1Al	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
M1Mg	0,933	0,920	0,938	0,857	0,950	0,930	0,890	0,935	0,873	0,976	0,944	0,957
M1Fe ²⁺	0,054	0,042	0,093	0,166	0,040	0,030	0,092	0,092	0,149	0,031	0,069	0,065
M1K	0,001	0,001	0,001	0,000	0,001	0,002	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000
M1Ni	0,002	0,000	0,002	0,000	0,001	0,001	0,000	0,001	0,001	0,001	0,000	0,002
M1Cr	0,000	0,008	0,000	0,000	0,000	0,001	0,003	0,000	0,002	0,002	0,004	0,000
M1Mn	0,006	0,004	0,008	0,010	0,005	0,006	0,009	0,003	0,006	0,005	0,004	0,004
M1Ti	0,001	0,000	0,000	0,002	0,000	0,000	0,007	0,001	0,001	0,001	0,000	0,001
M1Ca	0,987	0,994	0,953	0,925	0,984	0,998	0,989	0,968	0,961	0,970	0,967	0,949
M1Total	1,995	1,981	1,996	1,991	1,995	1,994	1,994	2,000	1,997	1,997	1,998	1,997
#Mg	0,945	0,956	0,910	0,838	0,959	0,969	0,906	0,910	0,854	0,969	0,932	0,937
#Fe3	0,245	0,340	0,000	0,252	0,343	0,589	0,204	0,008	0,056	0,387	0,233	0,367
#Mg(total)	0,929	0,935	0,910	0,795	0,940	0,928	0,885	0,910	0,847	0,950	0,913	0,904

Tabela 71- Composição química de harmotoma (zeólita) e saponita de autólitos e da matriz dos corpos Facão e Indaiá 2.

	Fac-1-1	Fac-1-2	Fac-1-9	Fac-1-11b	Fac-1-12b		Fac-1a-3	Fac-1a-7	Fac-1a-7a	Fac-1a-8	Fac-1a-9	In2-1-a1	In1-2-a7
Na ₂ O	0,6395	0,3517	0,5187	0,4631	0,2198	Na ₂ O	0,1979	0	0,116	0,7776	0,1342	0,42	0,9365
MgO	1,3804	0,0593	1,8793	0,5583	0,3928	MgO	18,6442	18,767	23,6478	25,0324	23,9007	18,9644	18,7783
Al ₂ O ₃	20,0988	23,7248	19,7572	20,0845	21,169	Al ₂ O ₃	10,0083	9,1924	9,8584	10,2431	9,5768	15,2457	8,9822
SiO ₂	41,0028	39,9021	41,1373	44,7656	46,5311	SiO ₂	38,4918	41,945	43,0416	43,2642	42,6488	39,4585	36,5559
K ₂ O	0,9311	0,6641	1,1956	0,7457	0,7711	K ₂ O	4,3404	2,887	3,3995	3,2572	3,306	3,2314	9,3496
CaO	1,6959	2,964	1,5564	1,6558	1,6888	CaO	0,7157	0,5673	0,5479	0,6598	0,495	0,5661	0,0018
TiO ₂	0,2994	0,0823	0,0643	0,2481	0,2324	TiO ₂	0,9163	0,6683	0,9699	0,5434	0,6122	1,0335	6,8427
Cr ₂ O ₃	0	0,0921	0	0,0289	0,0058	Cr ₂ O ₃	0	0,0296	0	0	0,0358	0	0
MnO	0	0	0	0	0	MnO	0,1515	0,1537	0,2823	0,2875	0,1799	0,1367	0,1457
FeO	0,107	0,1392	0,1534	0,8584	0,9484	FeO	10,3098	8,2491	7,9436	8,2342	7,4146	6,9671	6,5065
NiO	0	0,0901	0,1086	0,0317	0,0642	NiO	0	0,0726	0,0097	0,0339	0	0,0286	0
BaO	22,6877	22,7673	22,3991	22,9703	19,3142	BaO	0,538	0,252	0,3785	0,1893	0,4214	0,5394	2,3863
Total	88,8426	90,837	88,7699	92,4104	91,3376	Total	84,3139	82,784	90,1952	92,5226	88,7254	86,5914	90,4855

Tabela 72- Composição química de nefelina de xenólito do corpo Indaiá 2.

	In2-1-3	In2-1-4	In2-1-8
Na ₂ O	14,5839	14,8137	13,911
MgO	0,398	0,3744	0,4077
Al ₂ O ₃	31,4004	31,2506	31,1384
SiO ₂	41,39	41,6251	42,1053
K ₂ O	9,3983	9,4069	9,2192
CaO	0,0564	0,0102	0,3019
TiO ₂	0,085	0	0,1061
Cr ₂ O ₃	0	0,0421	0
MnO	0	0	0,0151
FeO	3,6565	3,6026	3,2778
NiO	0	0	0
Total	100,9685	101,1256	100,4825

ANEXO D

Tabelas com a composição de elementos traço em minerais de xenólitos e rochas hospedeiras, com a seguinte ordem:

Olivina

Ortopiroxênio

Clinopiroxênio

Minerais do grupo do espinélio

Anfibólio

Ilmenita

Flogopita

Titanatos

Apatita

Perovskita

Tabela 73- Elementos traço analisados por LA-ICP-MS em olivina de peridotitos com espinélio (em ppm).

	In1-4	OL-1	OL-2	OL-1a	In1-14a	OL-2	OL-3-9	Lm1-17	OL-10-865um
7Li		1,68	1,50	1,65		1,25	1,27	1,34	1,31
23Na		2,42	2,13	10,52		1,13	0,90	10,78	1,42
25Mg		n.d.	n.d.	309996		309996	305473	305473	305593
27Al		1,98	6,24	8,50		4,65	1,99	2,81	8,56
29Si		226654	204163	213941		191803	189429	187273	217925
31P		30,63	22,55	21,66		20,31	<3,12	<5,05	<5,42
42Ca		<66,58	<59,75	<61,79		<61,86	<28,59	<44,59	<46,69
45Sc		2,90	2,78	2,17		2,06	2,25	2,47	2,36
49Ti		4,21	8,59	14,29		10,26	0,43	1,01	0,88
51V		0,42	0,41	0,58		0,47	0,32	0,32	0,25
52Cr		2,43	3,03	3,55		3,41	2,82	2,26	3,06
55Mn		1199,95	1103,13	1142,67		1229,66	1188,55	964,94	1015,65
59Co		157,15	141,38	148,02		177,29	140,15	150,20	131,45
62Ni		3239,73	2991,36	3549,10		2951,12	3740,32	2995,55	3100,77
63Cu		n.d.	n.d.	n.d.		n.d.	1,38	1,19	1,15
66Zn		19,44	15,18	18,91		21,59	18,00	17,03	13,48
85Rb		<0,0190	<0,0181	0,04		<0,028	<0,0115	<0,0133	<0,0168
88Sr		<0,0047	0,01	0,54		0,02	<0,0056	<0,0118	0,01
89Y		0,00	<0,0035	0,01		<0,0050	<0,0080	0,01	0,01
90Zr		<0,0077	<0,0069	0,02		0,02	<0,0094	<0,0196	0,02
93Nb		<0,0046	<0,0041	0,01		<0,0055	<0,0058	<0,0129	<0,0145
133Cs		<0,0091	<0,0111	<0,0122		<0,0113	n.d.	n.d.	n.d.
137Ba		<0,031	<0,028	2,73		0,12	0,02	0,06	0,06
139La		0,00	<0,0029	0,02		<0,0039	<0,0037	<0,0043	<0,0060
140Ce		<0,0029	0,00	<0,0054		0,00	<0,0032	0,01	<0,0067
141Pr		0,00	<0,0024	<0,0033		<0,00296	<0,0032	<0,0040	<0,0045
146Nd		0,01	<0,0208	<0,00		<0,00	<0,025	<0,044	<0,043
149Sm		<0,0217	0,01	0,02		<0,025	<0,022	<0,032	<0,028
151Eu		<0,050	<0,0228	0,01		<0,031	<0,0062	<0,0083	<0,0125
157Gd		<0,0061	<0,0055	<0,0079		<0,0070	<0,019	<0,042	<0,022
159Tb		<0,0037	<0,0033	0,00		<0,0043	<0,0030	<0,0060	<0,0044
161Dy		<0,0180	0,02	<0,035		<0,022	<0,0114	<0,025	0,02
165Ho		<0,0037	<0,0033	<0,0049		<0,0044	<0,0043	<0,0042	<0,0063
166Er		<0,0155	<0,0099	0,01		<0,0133	<0,0134	<0,0214	0,03
169Tm		0,00	<0,0033	<0,0049		0,00	<0,0040	<0,0056	<0,0069
172Yb		<0,022	<0,0283	0,01		<0,025	<0,021	<0,044	0,05
175Lu		<0,00	<0,0033	<0,0095		0,01	<0,0041	<0,0065	0,01
178Hf		0,00	<0,0108	0,01		<0,0142	<0,032	<0,052	<0,065
181Ta		<0,0035	0,00	0,01		0,00	<0,0057	<0,0090	<0,0105
208Pb		0,02	0,04	0,68		1,03	0,03	0,03	0,03
232Th		<0,0036	<0,00	0,00		0,00	0,01	<0,0070	0,07
238U		0,00	<0,0026	<0,0034		<0,0043	<0,0044	<0,0086	<0,0114

Tabela 74- Elementos traço analisados por LA-ICP-MS em olivina de peridotitos com Cr- espinélio (em ppm).

	Lm1-20a	OL-2-3	OL-1	In1-3 OL-2	OL-3	OL-1	In1-24a OL-2	OL12-7	In1-50	OL10-8
7Li	OL-1-1									
23Na	1,36	1,18	1,79	1,45	1,57	1,74	1,73	1,34		1,80
25Mg	1,19	1,05	3,85	1,01	1,89	2,43	2,99	1,91		7,14
27Al	307041	305774	306377	306377	306377	312408	312408	311685		312951
29Si	1,41	1,44	0,94	0,74	<0,86	1,42	1,86	2,00		17,38
31P	186991	214317	174326	195661	164507	197671	202636	224106		256973
42Ca	5,34	<5,61	<21,60	<23,90	<23,48	23,73	70,78	36,05		36,45
46Sc	<37,97	<40,52	<135,74	<145,37	186,59	<125,33	<174,93	<38,99		<41,47
49Ti	1,89	2,03	2,62	3,39	2,31	2,24	2,83	2,09		2,22
51V	1,48	1,59	4,00	1,38	2,17	3,70	2,22	4,13		4,74
52Cr	0,45	0,50	0,15	0,24	0,28	0,17	0,19	0,20		0,13
55Mn	3,03	2,59	2,92	4,56	3,47	3,96	2,22	1,79		2,27
59Co	969,32	1002,90	910,98	888,77	938,42	956,19	835,43	860,02		880,27
62Ni	140,27	144,40	129,21	123,75	128,63	130,51	113,89	134,79		152,73
63Cu	3095,23	2897,92	2926,25	2813,89	2991,29	2668,83	2470,02	3255,16		3900,28
66Zn	0,18	<0,069	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	<0,070		<0,083
85Rb	19,70	23,63	21,66	18,42	27,50	25,14	29,89	27,99		30,44
88Sr	<0,0162	<0,0147	<0,054	<0,053	<0,053	<0,062	<0,080	<0,0192		<0,0202
89Y	0,01	0,02	<0,0116	<0,0189	<0,0093	<0,0158	<0,0213	<0,0123		0,06
90Zr	<0,0119	0,01	0,00	0,01	<0,0122	<0,00	<0,0177	0,01		0,02
93Nb	<0,0198	<0,0251	0,01	0,01	<0,00	0,01	<0,049	0,04		0,09
133Cs	<0,0115	<0,0107	<0,0113	0,01	0,01	<0,027	<0,00	<0,0136		<0,0139
137Ba		n.d.	<0,025	<0,029	0,02	<0,0197	<0,0205	n.d.		n.d.
139La	<0,041	0,08	<0,058	<0,117	<0,066	<0,089	0,09	<0,054		0,14
140Ce	<0,0068	<0,0056	<0,00	<0,0099	0,00	0,00	0,01	0,01		0,01
141Pr	<0,0051	<0,0057	0,00	<0,00	<0,0082	<0,0083	<0,0112	0,01		0,04
146Nd	<0,0040	<0,0045	<0,0091	<0,0128	<0,0073	<0,00	<0,0145	<0,0061		<0,0057
149Sm	<0,046	<0,043	<0,00	0,01	<0,00	<0,00	0,05	<0,054		<0,060
151Eu	0,04	<0,043	0,08	0,03	<0,114	<0,086	<0,116	<0,042		<0,045
157Gd	<0,0118	<0,0120	<0,00	<0,083	0,02	0,02	<0,106	<0,0124		<0,0177
159Tb	<0,033	<0,037	0,01	<0,0175	<0,0172	0,00	<0,0224	<0,049		<0,055
161Dy	<0,0067	<0,0057	<0,0128	<0,0148	<0,00	0,01	<0,0208	<0,0101		<0,0067
165Ho	<0,020	<0,0225	<0,046	<0,053	0,05	<0,00	<0,114	0,03		<0,038
166Er	<0,0076	<0,0073	<0,0096	<0,0111	<0,0189	0,00	<0,0169	<0,0075		<0,0089
169Tm	<0,0200	<0,0184	<0,040	<0,046	0,01	<0,055	0,01	<0,0195		0,03
172Yb	0,01	<0,0054	<0,0204	<0,00	0,00	0,01	<0,0218	<0,0075		<0,0090
175Lu	<0,030	<0,038	<0,064	0,03	<0,051	<0,087	<0,068	<0,048		<0,067
178Hf	<0,0056	<0,0080	<0,0122	<0,0200	0,00	<0,0119	<0,00	<0,0079		<0,0071
181Ta	0,04	<0,043	<0,00	0,01	<0,036	<0,037	<0,050	<0,061		<0,077
208Pb	<0,0115	<0,0088	<0,00	<0,00	<0,00	<0,0155	0,00	<0,0092		<0,0124
232Th	0,02	0,05	0,02	0,03	0,03	0,04	0,08	0,05		0,04
238U	<0,0076	<0,0107	<0,0088	<0,0144	<0,0100	<0,0102	<0,0194	0,03		0,03
	0,01	<0,0093	<0,0068	<0,0112	<0,0078	<0,0106	<0,0101	<0,0113		<0,0107

Tabela 75- Elementos traço analisados por LA-ICP-MS em olivina de harburgitos com textura porfiroclática em mosaico (em ppm).

	OL6-1	In1-33 OL7-4	OL8-5	oliv-1 ^a	In1-1 oliv-2spot	oliv-3
7Li	2,67	3,48	3,69	2,28	2,83	3,92
23Na	178,10	172,76	162,79	178,27	200,94	212,09
25Mg	292144	288887	288284	304568	304568	304568
27Al	138,37	177,61	188,03	192,77	102,66	198,96
29Si	245288	235883	221626	207965	197194	218884
31P	92,20	81,39	94,79	71,28	108,87	<37,13
42Ca	661,33	742,82	1537,99	677,86	309,63	569,62
45Sc	2,09	2,37	2,77	3,74	3,81	4,60
49Ti	114,75	118,54	161,87	132,74	115,34	132,58
51V	6,76	16,62	19,99	7,00	6,43	9,05
52Cr	461,50	510,66	468,84	714,41	744,19	1087,76
55Mn	1050,33	1046,86	864,18	1018,78	1127,10	963,85
59Co	181,15	172,24	140,02	156,84	195,37	158,29
62Ni	3377,96	3099,86	2733,36	3009,76	2847,72	3527,94
63Cu	7,79	7,71	5,47	n.d.	n.d.	n.d.
66Zn	83,94	93,90	92,14	73,19	74,43	61,79
85Rb	<0,0198	0,72	0,87	<0,073	<0,074	<0,091
88Sr	0,02	0,84	3,11	0,09	0,07	0,13
89Y	0,04	0,06	0,14	0,07	0,10	0,04
90Zr	0,19	0,42	1,28	0,22	0,13	0,22
93Nb	<0,0113	0,09	0,15	<0,024	<0,0179	0,03
133Cs	n.d.	n.d.	n.d.	<0,053	<0,056	<0,053
137Ba	0,06	1,54	1,77	0,27	0,16	0,31
139La	<0,0052	0,09	0,20	0,00	<0,0133	0,00
140Ce	<0,0072	0,16	0,45	0,00	<0,0080	<0,0085
141Pr	<0,0055	0,01	0,04	<0,0094	<0,0120	<0,00
146Nd	<0,039	0,05	0,09	<0,047	0,08	<0,052
149Sm	<0,023	<0,048	<0,038	0,07	<0,00	<0,155
151Eu	<0,0073	0,02	<0,0096	<0,00	<0,124	0,03
157Gd	<0,038	<0,043	<0,036	<0,0166	<0,00	<0,0176
159Tb	<0,0055	<0,0041	0,01	<0,00	<0,0123	<0,0129
161Dy	<0,0220	<0,026	0,03	<0,00	<0,064	0,07
165Ho	0,01	<0,0078	<0,0085	<0,00	<0,0184	<0,0138
166Er	<0,0164	<0,022	<0,021	0,02	0,05	<0,00
169Tm	<0,0063	0,01	<0,0070	<0,0188	<0,0139	<0,0214
172Yb	<0,046	<0,047	<0,056	<0,083	<0,00	<0,095
175Lu	<0,0076	<0,0097	<0,0106	<0,0129	<0,00	<0,0136
178Hf	<0,045	<0,055	<0,089	<0,055	<0,057	<0,075
181Ta	<0,0082	<0,0092	<0,0110	0,00	<0,0120	0,00
208Pb	0,06	0,22	0,18	0,55	0,04	0,48
232Th	<0,0081	<0,0112	0,04	<0,00	<0,00	<0,0116
238U	<0,0088	0,03	0,01	<0,0097	<0,0071	<0,0075

Tabela 76- Elementos traço analisados por LA-ICP-MS em olivina de peridotitos metassomatizados e em piroxenito (em ppm).

	In1-2	OL2-9	OL1-7	Lm1-1 OL1d-8	OL1-7b80%	OL-1a	In1-6 OL-1b	In1-12 OL-1	OL-2	OL-1-3 OL-1-3	In1-20b OL-2-4	Fac-5 OL-1-1
7Li	2,35	1,57	3,33	2,54	1,70	3,16	1,58	1,30	1,22	1,58	1,47	9,97
23Na	57,99	46,48	106,48	77,93	86,55	59,54	62,64	15,30	14,55	183,20	98,27	199,75
25Mg	297994	296667	290033	292928	290033	272000	272000	311202	311202	311202	312951	284183
27Al	7,87	6,67	27,72	24,72	17,57	6,22	7,34	1,35	1,23	79,02	89,60	169,96
29Si	207330	219555	221046	171352	180035	206603	239905	201561	197622	236896	227041	197664
31P	110,37	9,99	55,82	<4,22	66,84	190,90	175,52	<25,50	<22,60	13,64	6,80	70,21
42Ca	148,00	139,40	347,87	336,58	219,29	280,18	261,06	<138,74	<119,89	326,82	325,38	897,69
45Sc	1,78	1,81	3,28	3,54	2,13	3,76	3,19	2,44	2,75	4,58	4,54	2,59
49Ti	102,46	9,83	174,32	159,81	147,28	100,94	88,01	12,35	2,65	57,42	71,77	128,79
51V	4,33	4,08	6,42	5,23	5,49	3,63	4,36	1,41	1,24	5,50	5,62	6,31
52Cr	134,94	115,20	285,32	200,95	200,38	32,78	43,26	31,59	30,78	353,68	316,69	550,42
55Mn	1265,44	1184,99	1694,53	1049,76	1210,36	1399,14	1619,76	818,20	815,68	852,10	805,47	1110,06
59Co	142,42	135,63	149,82	117,34	165,72	146,66	178,18	120,79	124,57	129,63	131,21	177,21
62Ni	2877,78	2887,26	3658,09	2911,09	3007,38	1383,47	1590,55	2980,72	2925,21	852,1	805,47	2884,64
63Cu	1,13	1,05	2,53	2,39	2,04	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	1,83	1,62	3,47
66Zn	96,71	95,93	99,06	96,59	89,48	127,27	128,31	44,49	42,08	47,44	41,28	83,69
85Rb	<0,0180	<0,0204	0,11	<0,0197	0,04	<0,090	<0,085	<0,056	<0,061	0,11	<0,0194	<0,0163
88Sr	0,02	<0,0140	0,36	<0,0117	0,43	0,01	0,03	<0,0180	<0,0167	0,06	<0,0118	0,05
89Y	<0,0112	<0,0155	<0,016	0,02	0,03	<0,026	<0,021	<0,0181	0,01	0,04	0,04	0,04
90Zr	0,38	0,31	1,26	1,20	1,07	0,40	0,38	0,11	<0,053	1,73	1,84	0,16
93Nb	0,09	0,23	0,02	0,05	0,03	0,15	0,14	2,81	0,90	0,02	0,03	<0,0140
133Cs	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	<0,040	<0,035	<0,0184	<0,0170	n.d.	n.d.	n.d.
137Ba	<0,058	0,05	3,18	<0,045	1,02	<0,068	<0,147	0,08	0,08	0,34	<0,043	0,06
139La	<0,0064	<0,0074	0,02	<0,0084	0,02	<0,0117	<0,0096	<0,0143	0,01	<0,0078	<0,0062	<0,0065
140Ce	<0,0063	<0,0095	0,03	<0,0064	0,15	<0,0092	<0,0107	<0,0124	<0,0115	0,01	<0,0055	0,02
141Pr	<0,0052	<0,0060	0,01	<0,0068	0,01	0,01	<0,0075	0,00	0,00	<0,0049	<0,0057	<0,0067
146Nd	<0,048	<0,047	<0,058	<0,049	0,33	0,04	<0,00	0,03	<0,044	<0,066	<0,049	0,04
149Sm	<0,041	<0,042	<0,042	<0,037	0,09	0,06	<0,074	<0,118	<0,134	<0,047	<0,046	<0,033
151Eu	<0,0088	<0,0094	0,02	<0,0121	<0,0120	<0,115	0,05	<0,112	<0,073	<0,0124	<0,0102	0,01
157Gd	<0,032	<0,045	<0,041	<0,039	<0,039	<0,00	<0,0154	<0,00	<0,0151	<0,029	<0,043	<0,035
159Tb	<0,0071	<0,0063	<0,0068	<0,0065	<0,0081	<0,0209	<0,0121	0,00	<0,0102	<0,0094	<0,0064	<0,0052
161Dy	<0,025	<0,032	<0,037	<0,030	<0,0250	<0,140	<0,094	<0,105	<0,080	<0,033	<0,033	<0,022
165Ho	<0,0059	<0,0083	<0,0079	<0,0084	<0,0066	<0,0165	0,00	0,00	<0,0137	<0,0069	<0,0115	<0,0090
166Er	<0,0204	0,02	<0,031	<0,024	<0,022	0,03	0,01	<0,031	<0,028	<0,023	0,03	<0,025
169Tm	<0,0067	<0,0048	<0,0099	<0,0084	0,01	<0,0155	<0,0127	<0,00	<0,0100	<0,0105	<0,0109	<0,0058
172Yb	<0,041	<0,042	<0,060	<0,057	<0,047	<0,00	0,02	<0,070	<0,046	<0,064	<0,056	<0,033
175Lu	<0,0116	<0,0098	0,01	<0,0110	0,01	<0,00	<0,0208	<0,0147	0,00	<0,0109	<0,0069	<0,0083
178Hf	<0,053	<0,058	<0,074	0,08	<0,068	<0,056	0,05	<0,048	<0,044	0,12	<0,092	<0,051
181Ta	<0,0105	0,02	<0,0126	<0,0081	<0,0071	<0,00	0,01	0,05	<0,0177	<0,0113	<0,0119	<0,0064
208Pb	0,10	0,04	0,03	0,07	0,07	<0,035	0,05	0,06	0,03	0,11	0,03	<0,022
232Th	<0,0098	<0,0081	0,01	0,01	<0,0087	<0,0144	<0,0118	0,01	<0,0136	<0,0102	20,53	<0,0108
238U	<0,0065	<0,0090	0,01	0,01	<0,0068	<0,0088	0,01	0,00	0,00	<0,0096	<0,0081	<0,0065

Tabela 77- Elementos traço analisados por LA-ICP-MS em ortopiroxênio de peridotitos com espinélio (em ppm).

	In1-4					In1-14a				Lm1-17	
	OPX-1	OPX-1b	OPX-1c	OPX-2	OPX-3	OPX-1	OPX-1b	OPX-2	OPX-3	opx-6a-5	opx-5-6
7Li	1,41	1,10	1,12	1,29	1,45	1,25	0,90	0,83	1,54	1,57	1,52
23Na	474,26	289,38	522,69	202,53	389,58	99,33	110,69	157,54	169,63	399,34	401,59
25Mg	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	200833,9	200833,9	215549,7	200833,9	205477,8	199265,8
27Al	28608,13	23613,38	28145,58	21964,97	22342,32	15850,08	14232,56	18024,46	17664,77	22671,12	24992,04
29Si	289955,7	279572,4	264510,5	250954,2	199199,9	237762,0	262524,0	276801,9	263141,9	266155,4	195165,4
31P	<28,97	<25,90	<28,35	<27,83	<28,16	<25,09	<18,97	<24,24	<31,19	<5,02	<5,09
42Ca	3560,77	2577,29	5623,94	1782,02	3833,35	835,48	871,04	1936,50	1636,77	5835,52	4876,57
45Sc	21,40	21,21	24,23	17,27	19,08	17,64	11,87	15,79	17,05	23,79	25,33
49Ti	479,78	451,36	508,52	394,62	415,42	198,22	182,98	266,47	222,24	74,19	68,74
51V	115,18	114,65	105,96	107,76	98,21	91,55	84,01	79,86	93,49	110,86	93,92
52Cr	3826,78	3089,43	3731,91	2820,55	2998,55	2608,30	2700,12	2624,08	3170,41	3956,74	3184,36
55Mn	1311,15	1499,18	1204,37	1478,19	1242,19	958,30	989,18	1002,96	1044,95	1082,34	1075,00
59Co	50,37	50,27	53,27	50,66	53,56	47,56	49,94	51,21	50,52	53,25	48,71
62Ni	820,28	687,80	640,72	657,90	646,46	601,08	577,29	525,39	555,36	672,35	696,60
63Cu	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	1,56	1,40
66Zn	23,07	17,70	21,67	14,74	17,33	16,70	21,52	48,00	40,01	21,69	19,56
85Rb	<0,092	<0,072	<0,082	<0,086	<0,086	<0,064	<0,052	<0,075	<0,078	<0,0182	0,13
88Sr	0,02	0,38	0,02	<0,0162	<0,017	0,25	0,41	0,67	0,48	0,02	0,30
89Y	0,74	0,56	0,91	0,39	0,69	0,18	0,12	0,27	0,38	0,66	0,67
90Zr	0,11	0,09	0,12	0,04	0,13	0,28	0,20	0,60	0,29	<0,0157	0,02
93Nb	0,00	0,01	<0,0160	0,01	<0,0171	0,03	0,05	0,03	<0,018	<0,0098	<0,0102
133Cs	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
137Ba	<0,074	0,19	<0,127	<0,104	<0,080	<0,144	0,20	0,12	<0,087	<0,049	0,10
139La	0,01	0,03	<0,0149	0,01	<0,0193	0,02	0,05	0,07	0,04	<0,0050	<0,0051
140Ce	<0,0097	<0,0087	<0,0096	0,01	<0,0147	<0,021	0,06	0,11	0,07	<0,0050	0,01
141Pr	0,00	<0,00	<0,0179	0,01	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	<0,0048	<0,0054
146Nd	<0,071	<0,078	<0,050	<0,050	<0,055	<0,00	0,02	<0,049	<0,00	<0,043	<0,038
149Sm	<0,100	<0,00	<0,097	<0,151	<0,072	<0,072	<0,087	0,02	<0,084	<0,039	<0,038
151Eu	<0,0204	<0,0255	<0,00	<0,0193	<0,0206	<0,017	<0,0123	<0,0166	<0,00	<0,0081	<0,0120
157Gd	<0,116	<0,074	<0,082	<0,082	<0,127	0,09	<0,066	<0,195	<0,108	0,03	<0,040
159Tb	<0,0175	0,01	<0,0210	<0,0170	0,02	<0,00	0,00	<0,0188	<0,0138	0,01	0,01
161Dy	0,03	<0,050	<0,080	0,05	0,08	<0,100	<0,00	<0,096	0,04	0,05	0,07
165Ho	<0,0153	0,01	0,03	0,02	0,02	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
166Er	0,09	0,08	0,12	<0,049	0,19	0,06	0,04	<0,036	0,08	0,08	0,09
169Tm	0,02	0,02	0,03	<0,0154	0,03	<0,0174	<0,0087	0,03	0,02	0,02	0,03
172Yb	0,20	0,21	0,28	0,12	0,10	0,13	0,10	0,16	0,13	0,18	0,24
175Lu	0,03	0,04	0,04	0,04	0,03	0,05	<0,0122	0,04	<0,021	0,03	0,05
178Hf	0,04	<0,052	0,02	0,01	0,04	0,01	0,02	<0,067	<0,00	<0,062	<0,059
181Ta	<0,0123	<0,0154	<0,0120	0,01	0,01	0,01	<0,0079	0,01	<0,00	<0,0095	<0,0085
208Pb	<0,047	0,14	<0,033	<0,037	0,06	0,32	0,26	0,20	0,11	0,04	0,03
232Th	0,00	<0,0134	<0,00	0,00	<0,0117	<0,0111	0,01	<0,0106	<0,013	0,01	0,01
238U	0,00	<0,0121	<0,00	0,01	<0,0095	<0,0085	<0,0059	0,00	<0,00	<0,0078	<0,0081

Tabela 78- Elementos traço analisados por LA-ICP-MS ortopiroxênio de peridotitos com Cr- espinélio (em ppm).

	Lm1-20a		In1-3					In1-24a		In1-50	
	opx11b-4	OPX-1	OPX-2	OPX-3	OPX-3b	OPX-4	OPX-5	OPX-1	OPX-2	opx7-9	opx2-10
7Li	1,56	1,91	1,52	1,67	1,21	1,49	1,75	0,52	<0,39	0,40	1,56
23Na	258,80	244,32	190,72	1086,31	281,57	173,37	206,66	202,16	365,27	392,99	509,86
25Mg	262300,00	218806,39	218806,39	218806,39	218806,39	218806,42	218806,42	214343,47	211086,70	215368,75	213318,17
27Al	15717,24	9967,44	8927,06	10698,60	10081,81	9741,72	8431,22	9431,08	8749,52	9272,98	7724,48
29Si	293849,47	300047,53	251719,86	307243,13	299730,00	381779,25	319674,41	296540,94	294907,13	265004,63	239069,02
31P	5,55	<30,60	<29,90	<45,63	<37,55	<41,38	<37,59	<41,48	41,75	<5,47	22,81
42Ca	3075,87	4728,45	3172,42	19058,48	3697,48	2991,50	2926,21	2115,88	3158,04	3281,80	2843,35
45Sc	28,25	25,56	23,57	38,20	26,03	29,24	21,93	18,76	26,47	22,71	23,59
49Ti	96,09	176,69	156,21	219,95	153,54	204,34	141,67	658,42	778,73	705,72	741,72
51V	114,51	70,76	71,81	93,70	67,53	83,75	62,03	57,47	70,73	62,92	76,66
52Cr	4209,96	3801,90	2626,24	4182,98	3712,06	3867,07	3052,55	3011,05	3253,25	3544,99	3437,87
55Mn	1307,35	1028,94	1003,90	1075,28	885,22	1247,47	1108,15	944,67	1030,98	1103,34	1145,92
59Co	57,23	54,06	47,99	57,44	48,80	53,90	48,68	46,53	48,33	49,68	51,04
62Ni	627,90	723,09	672,85	818,23	615,82	625,29	649,68	577,64	524,94	558,90	666,33
63Cu	0,75	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	<0,077	0,37
66Zn	26,42	24,73	24,90	32,62	27,25	24,72	24,78	22,79	23,68	23,91	25,46
85Rb	<0,0035	<0,072	<0,079	<0,091	0,08	<0,089	<0,072	<0,081	0,95	<0,0180	10,55
88Sr	0,02	<0,021	0,02	0,93	0,11	0,02	<0,0145	0,09	1,71	0,33	21,73
89Y	0,16	0,25	0,23	1,06	0,27	0,19	0,25	0,26	0,38	0,36	0,41
90Zr	<0,0040	0,21	0,17	0,65	0,25	0,16	0,08	2,98	4,29	3,59	3,70
93Nb	0,02	<0,0163	0,01	0,01	<0,034	<0,029	0,01	<0,036	0,03	0,03	0,06
133Cs	0,00	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
137Ba	<0,0071	<0,133	0,10	<0,164	<0,095	<0,00	<0,092	<0,145	1,62	0,08	33,52
139La	<0,0013	0,01	<0,0167	0,02	0,00	<0,00	<0,00	<0,0144	<0,019	<0,0078	0,27
140Ce	<0,00099	0,01	<0,0116	0,02	0,02	<0,0146	<0,0130	<0,0187	0,10	0,02	0,47
141Pr	<0,00082	<0,0093	<0,00	<0,0137	<0,0195	<0,00	0,01	<0,0111	<0,0180	<0,0064	0,03
146Nd	<0,0075	<0,00	<0,055	<0,00	<0,066	<0,099	0,02	<0,071	0,13	<0,052	0,08
149Sm	<0,0057	<0,117	<0,097	0,11	<0,083	<0,087	<0,136	<0,155	<0,119	<0,037	0,05
151Eu	0,01	0,02	<0,00	0,01	<0,0242	<0,036	<0,033	<0,050	<0,032	0,02	<0,0128
157Gd	<0,0065	<0,156	<0,128	0,18	0,07	<0,162	<0,102	<0,162	<0,107	<0,043	<0,044
159Tb	<0,00114	0,02	<0,018	<0,019	0,01	<0,0161	<0,0144	<0,0170	0,00	0,01	<0,0068
161Dy	<0,0048	<0,066	<0,067	0,19	<0,080	<0,085	0,03	<0,077	0,14	0,07	0,04
165Ho	0,01	0,02	<0,0176	0,02	0,02	0,01	<0,0144	<0,0236	<0,027	<0,0111	0,01
166Er	<0,0033	0,05	<0,043	0,11	0,08	0,09	<0,048	<0,088	0,08	0,05	0,06
169Tm	<0,0013	<0,00	<0,0182	0,03	<0,00	<0,00	<0,0147	0,00	0,02	<0,0084	<0,0093
172Yb	0,11	<0,075	<0,054	0,11	0,08	<0,071	0,11	<0,080	0,10	<0,066	<0,053
175Lu	0,02	0,03	<0,017	0,02	0,03	<0,015	<0,0139	0,00	<0,0148	<0,0093	<0,0114
178Hf	<0,0064	<0,040	<0,00	0,03	0,05	<0,051	<0,00	0,15	0,24	0,20	0,24
181Ta	<0,0016	<0,0176	<0,0179	0,01	<0,0269	0,02	<0,0211	0,01	<0,023	<0,0109	<0,0125
208Pb	0,06	<0,024	<0,024	0,05	<0,029	<0,037	<0,033	0,78	0,05	<0,022	0,14
232Th	0,04	0,01	0,01	<0,0195	<0,0160	<0,0169	<0,021	<0,0154	0,04	0,02	0,01
238U	<0,00166	<0,0091	<0,0131	<0,0137	0,01	<0,00	0,01	<0,0172	<0,0113	<0,0089	0,02

Tabela 79- Elementos traço analisados por LA-ICP-MS em ortopiroxênio de harzburgitos com textura porfiroclática em mosaico e em peridotitos metassomatizados (em ppm).

	In1-33			In1-1			In1-2		In1-6		In1-12		In1-20b	
	opx1-2	opx2-3	opx9-6b	opx-1	opx-2	opx-3	opx1-6	opx2-7	OpX-1a	OpX-1b	OPX-1	OPX-2	OPX-3-5	OPX-4-6
7Li	1,30	1,27	2,77	<0,93	<4,23	<0,97	1,81	1,95	2,19	1,69	1,07	0,48	0,66	0,45
23Na	1263,13	1251,06	1334,93	1307,16	851,80	1348,66	150,13	41,21	538,69	492,89	650,91	288,34	861,34	880,27
25Mg	201195,75	196189,98	211086,67	214102,16	214102,14	214102,17	203005,08	297330,69	211086,72	211086,72	214343,47	214343,48	214343,52	213559,50
27Al	6136,50	5984,31	6573,58	5975,10	5871,67	7484,70	18,19	7,78	460,27	440,52	5062,04	219,85	7444,42	8663,13
29Si	301189,97	247969,86	322290,78	282601,88	267602,78	278131,56	189417,38	165764,61	290561,97	289857,91	244892,80	234874,89	275524,41	302640,97
31P	<5,57	9,59	6,72	48,50	<211,31	<46,85	75,85	5,89	58,24	75,43	<41,88	<30,85	<4,91	<5,47
42Ca	10245,60	10344,52	11956,23	8979,07	4648,52	7178,64	585,66	112,61	4236,18	4073,18	1921,93	939,93	2023,93	1822,61
45Sc	6,16	5,85	7,27	6,87	8,19	6,70	1,78	1,48	5,53	4,87	16,11	2,72	11,56	11,03
49Ti	1693,21	1574,19	1951,18	1341,99	483,95	1373,76	109,45	72,38	912,82	846,18	53,87	45,13	175,22	101,31
51V	45,06	43,86	50,27	41,31	51,65	49,68	3,71	3,16	31,61	27,73	54,99	10,00	53,99	56,38
52Cr	3862,50	3717,91	3899,37	4065,28	2370,70	5220,11	95,75	116,13	473,29	440,25	2744,83	615,03	3021,91	3164,29
55Mn	1124,08	1025,14	1066,05	983,72	954,56	925,93	865,53	968,41	1931,71	1775,6	1215,96	1252,71	843,96	890,66
59Co	84,63	73,38	86,93	76,58	74,57	75,86	93,81	103,78	73,14	67,74	45,71	47,05	56,86	54,77
62Ni	1144,40	997,68	1139,59	1033,39	1121,28	1204,32	2321,17	2147,87	515,99	486,51	522,45	515,18	821,01	811,06
63Cu	5,04	4,30	5,16	n.d.	n.d.	n.d.	0,81	1,03	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	2,19	0,95
66Zn	61,39	58,62	67,18	51,77	35,19	40,02	75,44	72,45	88,42	77,34	26,32	26,51	24,47	25,52
85Rb	0,02	<0,0143	0,02	0,11	<0,59	<0,137	0,76	<0,0156	0,43	2,36	0,80	0,31	0,07	0,14
88Sr	2,33	2,20	7,59	3,40	1,47	2,61	12,01	0,05	9,07	16,62	1,93	1,04	1,15	1,16
89Y	0,44	0,37	0,49	0,51	0,45	0,45	0,27	<0,0097	0,18	0,19	0,33	0,21	0,51	0,55
90Zr	1,49	1,30	1,53	1,29	1,52	1,26	2,29	0,33	0,55	0,95	0,49	0,07	19,26	19,45
93Nb	0,03	0,02	0,03	0,03	0,02	<0,038	1,27	0,05	0,19	0,45	1,38	0,38	0,06	0,08
133Cs	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
137Ba	0,16	0,09	0,64	1,46	0,74	3,67	19,00	0,07	8,31	19,88	127,31	2,17	0,05	0,89
139La	0,04	0,04	0,04	0,08	0,03	0,06	1,47	0,01	0,25	0,60	0,06	0,13	0,01	0,01
140Ce	0,20	0,18	0,23	0,20	0,15	0,23	3,39	0,03	0,69	1,23	0,38	0,24	0,08	0,11
141Pr	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	<0,022	0,42	<0,0049	0,06	0,15	0,06	0,03	0,02	0,03
146Nd	0,26	0,22	0,31	0,26	0,21	0,36	1,46	<0,045	0,22	0,54	0,27	<0,078	0,21	0,19
149Sm	0,06	0,05	0,09	0,05	0,15	0,24	0,08	<0,028	<0,148	0,09	<0,140	<0,099	0,05	0,08
151Eu	0,03	0,02	0,03	0,01	0,04	<0,028	0,02	<0,0086	<0,037	0,03	<0,031	0,01	0,03	0,03
157Gd	0,09	0,09	0,06	<0,090	0,03	<0,178	0,10	<0,035	<0,102	<0,202	0,14	<0,00	0,13	<0,054
159Tb	0,01	0,01	0,02	0,02	0,01	<0,018	0,01	<0,0059	0,01	<0,0134	<0,018	0,02	0,01	0,02
161Dy	0,07	0,09	0,07	0,17	0,07	0,10	0,08	<0,0163	<0,111	<0,098	0,14	0,07	0,07	0,09
165Ho	0,03	0,02	0,03	0,02	0,03	0,03	<0,0071	<0,0048	0,01	0,02	0,01	0,00	0,01	0,02
166Er	0,05	0,05	0,05	0,06	0,07	0,06	0,02	<0,021	<0,045	0,02	0,05	0,01	0,06	0,05
169Tm	<0,0098	0,01	<0,0086	0,00	0,01	0,02	<0,0055	<0,00205	0,01	0,02	0,00	<0,00	0,02	<0,0089
172Yb	<0,061	<0,047	<0,062	<0,097	0,02	0,09	0,04	<0,038	<0,104	<0,064	0,05	0,03	<0,062	<0,066
175Lu	<0,0097	<0,0089	0,01	0,02	0,02	0,03	<0,0094	<0,0087	0,01	<0,0211	<0,0193	<0,0194	0,01	<0,0075
178Hf	0,10	0,07	0,10	<0,042	0,15	0,07	0,05	0,06	<0,071	0,08	<0,049	0,03	0,66	0,33
181Ta	<0,0085	<0,0088	<0,0093	<0,0133	0,02	0,01	0,03	<0,0083	<0,0214	0,02	0,06	0,03	0,01	0,01
208Pb	0,10	0,05	<0,026	0,29	0,52	0,39	0,13	0,02	<0,047	0,05	0,06	0,07	0,05	0,04
232Th	<0,0126	0,03	<0,0105	<0,0111	0,00	<0,00	0,20	<0,0076	0,03	0,09	<0,025	<0,0177	<0,0073	<0,0108
238U	0,01	<0,0093	<0,0101	<0,0093	<0,00	<0,0127	0,02	<0,0084	<0,0120	0,02	0,02	<0,0114	<0,0043	<0,0060

Tabela 80- Elementos traço analisados por LA-ICP-MS em cristais de clinopiroxênio de harzburgitos e lherzolitos com espinélio (em ppm).

	In1-4						In1-14a			Lm1-17			
	p2	p3	p3b	p4	p4b	p1b	cpx-pt-2	cpx-pt-3	cpx1-c-1	cpx1-b-2	cpx11-3	cpx12-4	
⁷ Li	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	3,56	2,93	1,93	2,07	
²³ Na	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	6480,99	5913,41	6127,36	5826,04	
²⁵ Mg	124389	138646	138773	121686	133318	138388	124336	156196	104412	99404	111768	101439	
²⁷ Al	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	28385	26667	28340	28478	
²⁹ Si	212243	245150	265678	227360	248396	252749	249695	275124	224686	174589	183061	201858	
³¹ P	17,05	<9,22	<10,74	25,20	18,20	22,62	20,84	30,41	<10,77	13,59	<9,00	<9,67	
⁴² Ca	157234	157234	157234	157234	157234	157234	164596	161737	157234	157234	150659	159450	
⁴⁵ Sc	57,74	63,90	63,63	56,98	58,05	50,52	78,87	59,06	53,15	64,89	69,76	72,49	
⁴⁹ Ti	1732,32	1954,86	1870,86	1889,24	2045,98	1660,21	1857,67	1658,57	242,33	273,38	214,97	257,85	
⁵¹ V	189,32	234,68	230,84	220,47	233,17	203,15	276,07	272,41	176,96	187,18	177,12	175,66	
⁵² Cr	4551,16	5334,27	5696,62	5512,96	5097,45	5099,29	5250,02	6678,89	6340,98	6473,69	5808,67	5828,05	
⁵⁵ Mn	647,50	730,50	727,68	643,09	636,89	667,17	580,91	565,67	558,19	543,85	607,30	514,39	
⁵⁹ Co	13,86	14,96	19,59	15,34	14,20	15,46	16,33	25,61	14,72	15,02	15,05	13,28	
⁶² Ni	191,91	246,88	245,46	234,95	211,20	226,84	261,45	292,68	284,52	279,58	233,49	236,29	
⁶³ Cu	0,21	0,45	0,30	0,23	0,16	0,22	0,14	0,21	5,63	4,69	2,98	2,14	
⁶⁶ Zn	2,48	4,43	6,57	4,98	2,99	4,32	11,75	49,63	6,03	5,73	6,82	5,08	
⁸⁵ Rb	<0,0102	0,18	<0,0143	0,49	0,11	1,12	0,01	<0,0112	<0,044	<0,033	<0,040	<0,036	
⁸⁸ Sr	1,63	2,19	1,83	1,69	1,73	2,24	76,28	73,58	0,03	<0,026	0,05	0,04	
⁸⁹ Y	11,34	13,05	11,44	11,02	11,08	9,42	11,30	9,75	8,53	8,18	8,71	9,94	
⁹⁰ Zr	1,24	1,74	1,51	1,48	1,23	1,42	10,56	9,58	0,06	<0,039	0,08	<0,041	
⁹³ Nb	0,03	0,01	0,01	0,01	0,03	0,02	0,05	<0,019	<0,027	<0,0173	<0,0189	<0,022	
¹³³ Cs	<0,0049	0,00	<0,0056	0,10	0,04	0,01	0,01	<0,0067	<0,0113	<0,0120	0,02	<0,0138	
¹³⁷ Ba	0,06	7,11	0,02	0,19	0,06	2,11	0,11	0,06	<0,108	<0,087	0,09	<0,105	
¹³⁹ La	<0,00	0,01	0,00	0,01	<0,0069	0,01	0,96	0,81	<0,0155	<0,0108	<0,0113	<0,0122	
¹⁴⁰ Ce	0,02	0,04	0,03	0,03	0,03	0,04	5,22	5,21	<0,0090	<0,0099	<0,0117	<0,0127	
¹⁴¹ Pr	0,02	0,03	0,02	0,04	0,02	0,03	1,00	0,97	<0,0099	<0,0088	<0,0091	0,01	
¹⁴⁶ Nd	0,56	0,50	0,46	0,53	0,57	0,53	4,47	5,58	0,06	<0,047	<0,071	<0,050	
¹⁴⁹ Sm	0,65	0,64	0,67	0,51	0,64	0,64	1,34	1,18	<0,104	<0,072	<0,079	<0,110	
¹⁵¹ Eu	0,29	0,33	0,28	0,33	0,34	0,29	0,51	0,43	0,08	0,02	0,05	<0,019	
¹⁵⁷ Gd	1,05	0,86	1,02	0,88	1,01	0,91	1,11	1,21	0,38	0,27	0,34	0,39	
¹⁵⁹ Tb	0,25	0,29	0,25	0,24	0,23	0,23	0,27	0,20	0,12	0,12	0,10	0,09	
¹⁶¹ Dy	1,95	2,17	2,54	1,91	1,79	1,86	1,83	1,76	1,19	0,93	0,98	1,17	
¹⁶⁵ Ho	0,41	0,43	0,54	0,39	0,40	0,42	0,40	0,39	0,34	0,31	0,33	0,34	
¹⁶⁶ Er	1,49	1,42	1,31	1,40	1,36	1,33	1,58	1,22	1,30	0,86	1,17	1,16	
¹⁶⁹ Tm	0,20	0,18	0,22	0,16	0,20	0,20	0,19	0,16	0,20	0,19	0,19	0,21	
¹⁷² Yb	1,50	1,69	1,81	1,27	1,58	1,36	1,60	1,29	1,38	1,36	1,27	1,50	
¹⁷⁵ Lu	0,18	0,23	0,22	0,18	0,18	0,17	0,22	0,17	0,23	0,24	0,21	0,23	
¹⁷⁸ Hf	0,24	0,23	0,11	0,17	0,15	0,15	0,35	0,33	<0,062	0,05	<0,047	<0,047	
¹⁸¹ Ta	n.d.	0,00	0,00	0,00	n.d.	n.d.	0,02	0,03	<0,021	<0,0164	<0,0133	<0,0231	
²⁰⁸ Pb	<0,0228	<0,023	0,04	0,15	0,10	0,03	0,34	0,34	<0,051	<0,041	0,06	0,08	
²³² Th	0,00	<0,00	0,00	<0,00	<0,00	0,00	<0,0105	0,01	<0,025	<0,0204	<0,0204	<0,023	
²³⁸ U	<0,00	<0,00	<0,0061	<0,0048	0,00	0,00	<0,00	0,00	<0,024	<0,018	<0,0169	<0,017	

Tabela 81- Elementos traço analisados por LA-ICP-MS em cristais de clinopiroxênio de harzburgitos e dunitos com espinélio (em ppm).

	Lm1-20a				In1-3				In1-50		
	cpx13-6	cpx13-6b	cpx8-7	cpx8-7b	ponto1	ponto2	ponto3	ponto4	cpx-6-1	cpx-6-2	cpx-6-4
7Li	3,16	2,80	3,03	3,37	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0,71	0,69	0,73
23Na	6300,60	5919,39	6242,99	5900,03	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	10548,79	8946,05	9273,18
25Mg	108863	101212	124631	93784	144607	141309	152047	155419	127999	110822	110735
27Al	17203	17661	16423	14733	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	26617	23944	25377
29Si	202280	208526	214881	201505	240447	240125	279835	245759	218203	204398	199393
31P	<9,90	8,12	20,18	<9,05	29,02	12,66	10,72	6,95	13,54	<8,18	16,36
42Ca	161451	161451	160307	160808	158235	155305	160236	164739	155948	155948	155948
45Sc	86,46	83,31	102,61	95,43	70,71	76,59	65,83	88,00	173,06	144,26	165,74
49Ti	324,73	298,36	355,36	324,26	306,22	287,80	281,40	291,78	3647,26	2813,72	3559,06
51V	184,42	184,99	202,51	203,67	170,31	175,02	226,54	168,68	279,14	223,17	250,54
52Cr	5761,98	6148,26	6289,34	5862,36	6822,29	5043,28	7611,29	5589,75	10895,73	9980,71	9976,44
55Mn	423,70	421,00	504,34	441,71	607,15	550,29	688,20	545,55	440,05	385,82	397,25
59Co	12,54	12,40	12,33	11,84	17,57	17,16	21,43	18,62	12,69	11,40	11,45
62Ni	236,77	243,41	183,21	199,11	254,70	236,59	279,31	230,51	187,01	160,77	195,61
63Cu	0,23	0,08	0,56	0,49	0,31	0,17	0,21	0,16	<0,169	0,20	0,20
66Zn	4,61	4,28	5,24	3,83	4,90	5,55	6,90	6,16	4,97	3,88	4,96
85Rb	0,53	<0,030	0,85	1,71	0,05	4,51	1,26	<0,0108	<0,058	<0,042	<0,052
88Sr	27,61	38,27	76,37	34,22	16,94	13,69	15,63	13,00	429,22	293,80	364,77
89Y	2,88	2,78	2,96	2,38	3,03	2,85	2,38	3,30	21,50	18,45	21,36
90Zr	0,22	0,25	0,45	0,18	2,82	2,66	2,03	2,96	481,57	463,60	512,58
93Nb	1,05	1,07	0,99	0,94	0,04	0,06	0,07	0,05	2,31	1,45	2,15
133Cs	<0,0132	<0,0080	0,01	0,03	<0,0067	0,02	0,01	<0,00	<0,0167	<0,0142	<0,0142
137Ba	11,75	2,65	26,00	19,74	1,80	3,03	1,10	<0,044	0,19	0,12	0,20
139La	1,40	1,51	1,42	1,37	0,19	0,15	0,21	0,16	24,88	18,86	21,75
140Ce	1,21	1,28	1,27	1,09	0,75	0,70	1,06	0,67	52,16	28,10	48,95
141Pr	0,10	0,11	0,11	0,09	0,18	0,15	0,20	0,15	9,59	6,20	9,51
146Nd	0,19	0,25	0,32	0,20	0,96	0,89	0,98	0,97	53,16	42,52	55,12
149Sm	<0,089	<0,077	<0,072	<0,105	0,45	0,37	0,57	0,51	14,47	9,72	14,36
151Eu	<0,028	<0,024	0,02	0,02	0,21	0,15	0,20	0,19	3,56	2,77	3,05
157Gd	<0,054	0,08	<0,067	<0,077	0,41	0,51	0,53	0,59	11,74	11,92	11,54
159Tb	0,02	0,03	0,03	0,02	0,11	0,11	0,08	0,09	1,26	1,11	1,24
161Dy	0,25	0,31	0,31	0,26	0,56	0,46	0,69	0,67	6,70	5,69	5,78
165Ho	0,12	0,08	0,09	0,08	0,12	0,12	0,10	0,12	0,92	0,90	0,74
166Er	0,41	0,36	0,31	0,34	0,32	0,31	0,36	0,30	2,11	1,68	1,59
169Tm	0,07	0,06	0,07	0,07	0,03	0,02	0,04	0,04	0,19	0,11	0,17
172Yb	0,53	0,50	0,61	0,60	0,27	0,29	0,20	0,38	0,83	1,03	0,81
175Lu	0,08	0,10	0,11	0,10	0,04	0,03	0,02	0,05	0,12	0,04	0,11
178Hf	<0,043	<0,044	<0,040	<0,050	0,11	0,07	0,09	0,09	16,68	13,62	18,24
181Ta	<0,0214	0,02	0,02	0,04	0,03	n.d.	0,01	0,01	0,96	0,72	0,84
208Pb	0,24	0,14	0,54	0,25	0,22	0,06	0,12	0,05	0,28	0,52	0,30
232Th	12,87	0,14	0,07	0,08	<0,0156	0,00	0,01	<0,00	1,34	3,19	1,46
238U	0,05	0,06	0,06	0,04	<0,00	0,02	0,00	<0,00	0,23	0,19	0,28

Tabela 82- Elementos traço analisados por LA-ICP-MS em cristais de clinopiroxênio e peridotitos metassomatizados (em ppm).

	In1-2						Lm1-1				In1-6						In1-12		
	cpx1-1	cpx1-1b	cpx3-2	cpx5-3	cpx5-3b	cpx4b-1	cpx4b-1b	cpx4c-2	cpx4c-2b	Cpx-1	Cpx-1b	ponto1	ponto2	ponto2b	ponto3	ponto4	pt-1	pt-2	pt-3
7Li	0,88	0,47	0,21	0,68	0,77	14,11	5,67	6,13	5,76	<0,68	<0,83	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
23Na	7130,26	6135,47	4839,83	10012,74	9491,53	11276,56	9398,35	8315,21	8645,18	7658,63	8389,23	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
25Mg	129754	125452	124094	130914	125115	148575	128208	139067	131666	106089	130304	146309	166777	153444	155489	156000	111076	103670	123871
27Al	1424	1547	1284	1400	1397	6001	4509	4734	5287	896	1487	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
29Si	227377	186805	213190	204950	207889	248389	234893	230229	229926	277413	289425	299508	323360	285851	270206	278695	230253	231737	238580
31P	57,94	65,34	31,65	41,67	45,15	130,56	186,00	192,29	112,75	65,98	70,25	59,02	149,09	246,51	156,46	35,39	85,16	50,16	47,65
42Ca	153661	153661	151231	154876	154876	147014	147014	148443	148443	160093	160093	157663	154232	154232	160022	158235	137794	146371	156520
45Sc	79,05	70,61	69,69	96,63	114,79	55,44	54,53	59,28	55,97	118,64	83,10	49,87	45,98	60,10	75,25	50,67	161,09	159,74	222,13
49Ti	1260,53	1194,63	1004,29	1132,25	1118,41	2862,70	2602,90	3042,36	2586,34	911,28	1170,49	923,92	889,76	1133,50	994,17	1012,09	134,28	174,90	106,47
51V	267,35	223,79	203,90	260,28	249,38	252,73	240,97	212,10	235,78	312,57	288,56	234,81	266,53	255,34	307,69	238,64	325,15	349,24	309,86
52Cr	10811,76	8159,87	5846,90	12929,58	15282,74	14353,79	11703,34	9759,83	11488,10	1720,57	3521,11	3268,97	3803,33	3260,67	3218,34	3701,73	17301,74	19455,99	17262,94
55Mn	728,39	666,38	612,47	655,24	730,12	793,29	963,14	821,83	794,67	1306,31	1359,77	1144,65	1236,79	1062,77	1321,5	1121,16	544,57	548,60	629,28
59Co	17,86	16,68	15,90	16,66	16,42	20,59	18,85	31,16	19,00	24,99	31,80	26,18	29,51	28,01	26,67	24,64	13,39	11,29	15,10
62Ni	297,28	280,70	271,50	321,35	275,35	355,28	315,12	400,59	337,06	247,06	312,50	240,27	246,15	218,57	225,52	205,49	240,03	203,49	252,37
63Cu	0,81	1,08	0,42	0,51	0,54	1,07	0,92	0,74	1,04	Nd	n.d.	0,61	0,77	1,53	0,71	4,59	0,53	0,41	0,25
66Zn	14,80	14,41	14,60	11,73	11,91	18,89	16,47	28,18	17,26	26,29	28,43	21,35	24,21	21,65	22,40	20,75	5,38	4,28	6,51
85Rb	0,65	0,23	<0,029	<0,033	<0,026	3,19	1449	3,88	3,78	<0,101	0,45	0,71	0,68	7,00	0,92	0,94	1,06	0,07	0,03
88Sr	298,67	228,14	238,05	324,51	275,87	315,81	330,61	376,58	301,43	563,22	294,78	214,30	250,68	504,05	590,43	236,60	676,75	742,31	556,39
89Y	5,78	5,88	5,57	8,44	7,80	8,35	7,87	9,38	7,41	9,95	7,77	4,47	4,29	6,20	7,29	5,21	28,02	22,89	18,42
90Zr	50,09	42,90	38,72	84,87	78,60	131,59	114,09	145,75	104,52	75,35	54,94	39,03	38,04	54,34	87,57	42,62	166,57	143,80	142,62
93Nb	0,41	0,56	0,11	0,27	0,32	2,20	2,23	1,70	1,18	0,32	0,67	0,61	1,30	1,79	1,63	0,79	2,07	0,88	0,48
133Cs	<0,0139	<0,0119	<0,0089	<0,0116	<0,0080	0,04	0,02	0,05	0,04	<0,053	<0,051	0,04	0,01	0,15	0,01	0,01	0,23	<0,0030	<0,0041
137Ba	15,96	9,27	0,29	0,30	0,44	64,33	43,98	96,26	82,02	0,58	15,38	47,66	37,37	253,93	50,27	3,86	5,10	2,14	0,76
139La	3,76	3,52	2,91	3,64	4,16	8,47	8,61	9,27	5,48	6,72	4,39	3,36	4,86	7,62	8,06	3,19	33,39	27,90	15,91
140Ce	14,93	13,68	14,70	15,97	16,46	24,91	24,99	27,26	16,72	29,93	17,33	17,07	21,36	28,66	34,39	15,84	131,81	121,44	66,48
141Pr	3,41	3,16	3,11	3,90	3,90	4,62	4,61	4,58	3,24	5,67	3,06	2,83	3,71	4,78	5,99	2,83	23,12	20,80	12,29
146Nd	18,59	16,05	17,00	23,00	25,31	22,80	21,53	23,15	18,06	30,00	17,39	13,81	15,22	23,63	29,73	14,70	104,66	97,83	60,11
149Sm	3,83	3,91	4,31	6,51	6,15	4,90	4,78	4,42	4,29	6,92	4,14	3,57	3,56	4,45	5,42	3,11	19,55	18,35	12,56
151Eu	1,30	1,14	1,36	1,74	1,75	1,25	1,32	1,43	1,21	2,00	1,49	1,05	1,02	1,46	1,77	0,98	5,87	4,99	4,22
157Gd	3,08	3,06	3,62	4,22	4,58	3,45	3,90	4,17	3,58	5,44	3,21	2,75	3,46	4,05	4,81	2,71	14,91	11,92	10,88
159Tb	0,38	0,35	0,39	0,50	0,64	0,48	0,42	0,47	0,40	0,61	0,44	0,26	0,27	0,37	0,50	0,31	1,58	1,31	1,19
161Dy	2,00	1,86	2,21	2,92	2,80	2,39	2,08	2,21	2,33	2,96	2,27	1,24	1,43	1,92	2,32	1,76	8,15	7,05	5,67
165Ho	0,27	0,30	0,31	0,37	0,49	0,36	0,32	0,43	0,32	0,42	0,32	0,19	0,22	0,26	0,32	0,30	1,29	0,99	0,87
166Er	0,54	0,47	0,59	0,70	0,97	0,79	0,69	0,65	0,60	0,92	0,68	0,40	0,57	0,62	0,84	0,48	2,60	2,27	1,83
169Tm	0,08	0,06	0,08	0,08	0,13	0,07	0,09	0,09	0,07	0,13	0,11	0,03	0,06	0,05	0,07	0,05	0,27	0,22	0,17
172Yb	0,32	0,27	0,31	0,42	0,49	0,45	0,35	0,42	0,47	0,74	0,49	0,28	0,24	0,32	0,48	0,20	1,31	1,09	0,84
175Lu	0,04	0,03	0,05	0,07	0,04	0,04	0,04	0,06	0,04	0,05	0,06	0,02	0,02	0,04	0,04	0,03	0,19	0,18	0,10
178Hf	2,78	2,47	2,16	3,80	3,18	6,89	6,88	8,69	5,80	4,06	3,07	2,10	2,01	2,59	4,54	2,42	4,38	3,87	5,15
181Ta	<0,0185	0,02	<0,0151	0,02	0,02	0,16	0,11	0,10	0,08	0,03	0,04	0,03	0,07	0,49	0,06	0,03	0,18	0,04	0,02
208Pb	0,48	0,43	0,26	0,50	0,18	0,58	0,58	1,03	0,55	0,30	0,39	0,68	0,52	2,07	0,67	0,69	1,06	1,54	0,70
232Th	0,10	0,08	<0,0176	0,03	0,04	0,40	0,53	0,27	0,16	<0,0172	0,07	0,12	0,25	0,40	0,31	0,04	0,22	0,07	0,01
238U	<0,0144	0,04	0,01	<0,0221	<0,015	0,06	0,08	0,12	0,05	<0,0099	0,03	0,04	0,05	0,10	0,05	0,00	0,04	0,01	0,00

Tabela 83- Elementos traço analisados por LA-ICP-MS em cristais de clinopiroxênio em piroxenitos e megacrystal (em ppm).

	Lm1-14				Fo-03				Fac-5			
	cpx13-c-1	cpx13-c-1b	cpx13-d-2	cpx13-d-2b	cpx2-1	cpx4-2	cpx5-3	cpx6-4	cpx1-1	cpx1-1b	cpx6-2	cpx6-2b
7Li	2,06	2,29	1,93	4,56	0,95	0,97	1,23	1,12	<0,136	<0,28	0,28	<0,13
23Na	5339,44	5814,47	5556,63	5341,52	7482,98	8230,03	7545,22	6929,58	2839,67	3493,06	4335,92	3645,35
24Mg	70903	81297	78848	77568	132098	130401	123441	111173	100473	113532	106020	113131
27Al	41784	44440	45653	41051	10735	12061	11152	12129	2620	2106	1003	1667
29Si	199041	191731	182423	163668	240796	241767	242245	216462	196115	258432	215550	211133
31P	46,09	41,47	38,76	38,65	15,12	21,38	27,15	10,97	<6,62	11,63	13,73	7,33
42Ca	146514	146514	146514	146514	120784	122857	123929	122714	167597	167597	157234	157234
45Sc	59,59	74,41	78,56	53,06	27,65	32,86	28,70	28,76	84,07	72,63	53,69	76,93
49Ti	6953,9	8434,45	7741,15	7338,98	4028,65	4680,76	4342,69	4364,01	7968,33	7100,76	3761,93	6152,35
51V	318,13	414,38	373,88	403,94	188,49	194,97	197,62	187,71	94,46	108,19	104,31	122,79
52Cr	1365,02	1497,51	1513,62	1569,93	2801,26	3040,43	3059,13	2750,11	397,12	491,98	224,06	672,27
55Mn	763,13	979,20	929,13	868,22	1237,16	1110,7	1183,06	903,56	412,57	563,84	816,28	631,82
59Co	26,59	29,01	28,28	26,79	36,30	36,93	38,24	32,84	17,33	22,06	26,27	21,86
62Ni	162,13	153,52	146,43	136,10	284,78	287,71	271,24	254,88	80,94	113,42	111,74	83,17
63Cu	0,37	0,29	0,14	1,68	3,96	3,68	3,38	3,72	0,24	0,70	1,69	0,32
66Zn	17,38	23,09	18,87	27,18	30,93	29,18	31,85	26,00	14,48	20,00	20,03	17,62
85Rb	0,10	<0,028	0,06	0,70	<0,030	<0,036	<0,036	<0,031	0,04	0,11	0,14	0,14
88Sr	67,07	615,93	151,42	500,56	129,49	160,40	148,11	136,99	728,15	942,29	359,99	500,22
89Y	17,56	20,63	22,73	19,90	3,42	4,43	4,36	4,28	2,99	3,27	5,10	2,97
90Zr	22,53	26,24	26,39	26,01	14,43	20,18	18,80	19,19	104,79	103,47	47,38	99,10
93Nb	0,37	0,37	0,31	0,48	0,16	0,19	0,16	0,17	0,18	0,19	0,71	0,16
133Cs	<0,0095	<0,0113	<0,0121	0,02	<0,0129	<0,0103	<0,0133	<0,0106	<0,0062	<0,0146	<0,0121	<0,0078
137Ba	0,27	2,68	0,25	2,34	0,20	0,32	0,63	0,41	1,90	3,91	7,45	3,35
139La	0,93	1,01	1,01	1,06	2,84	3,36	3,53	3,61	1,61	2,63	7,76	1,90
140Ce	3,62	3,65	3,95	4,45	10,02	11,25	11,87	11,08	3,94	8,33	25,45	7,48
141Pr	0,97	0,90	0,94	1,18	1,55	2,13	2,16	2,00	0,76	1,38	4,77	1,59
146Nd	5,70	5,66	6,17	5,49	9,20	10,71	11,50	10,48	3,13	5,47	23,19	7,62
149Sm	2,38	2,35	2,49	2,69	2,24	2,51	2,58	2,63	0,71	1,27	4,64	0,94
151Eu	0,97	1,02	1,04	0,92	0,72	0,86	0,84	0,77	0,26	0,38	1,34	0,35
157Gd	3,25	3,34	3,91	3,11	1,91	2,00	1,90	1,94	0,97	0,87	2,91	1,32
159Tb	0,53	0,62	0,69	0,59	0,18	0,25	0,25	0,21	0,11	0,11	0,34	0,19
161Dy	3,89	4,04	4,65	4,29	1,00	1,12	1,17	1,26	0,68	0,64	1,73	0,81
165Ho	0,77	0,74	1,02	0,83	0,16	0,21	0,16	0,19	0,13	0,11	0,26	0,15
166Er	2,24	2,22	2,67	2,07	0,35	0,54	0,44	0,38	0,35	0,32	0,58	0,32
169Tm	0,29	0,32	0,33	0,39	0,03	0,05	0,06	0,04	0,03	0,03	0,05	0,05
172Yb	1,90	2,27	2,17	2,09	0,24	0,31	0,26	0,23	0,34	0,20	0,24	0,24
175Lu	0,29	0,31	0,28	0,34	<0,0170	<0,0186	0,03	0,04	0,07	0,08	0,04	0,06
178Hf	0,95	1,25	1,22	1,08	0,96	1,05	1,11	1,04	5,11	5,10	2,21	3,43
181Ta	0,04	<0,023	0,02	0,05	<0,0175	<0,021	<0,021	<0,0204	<0,0150	0,04	<0,019	<0,013
208Pb	0,04	0,08	0,07	0,12	0,20	0,21	0,19	0,16	0,17	0,22	0,23	0,22
232Th	0,03	0,02	<0,0205	0,04	0,02	0,02	<0,0219	0,04	0,02	0,03	0,25	<0,012
238U	<0,0161	<0,0173	0,02	<0,017	0,02	<0,0166	<0,0167	<0,0198	<0,0108	<0,020	0,07	<0,0106

Tabela 84- Elementos traço analisados por LA-ICP-MS em óxidos do grupo do espinélio de peridotitos com espinélio e Cr- espinélio (em ppm).

	In1-4		In1-14a		Lm1-17		Lm1-20a		In1-3		In1-24a		In1-50	
			sp9-10	sp2-11	sp18-2	sp12-5					sp11-4	sp17-5		
7Li	1,38	1,16	1,45	<0,64	1,84	1,03	0,86	1,1	<0,62	<0,59	<0,40	<0,43	<0,24	<0,26
23Na	4,39	<1,32	13,91	5,30	3,66	1,11	4,83	<0,29	4,18	3,64	<1,36	1,77	2,95	1,64
25Mg			113082,17	113142,48	113746	60310,5	93541,6	90948,2	73578,78	73578,78	71467,92	71467,92	72553,52	60310,5
27Al	297803,09	293872,75	260295,19	250641,92	298409	160843	206203	225942	140490,09	145537,53	139335,61	139958,33	153078,34	130227
29Si	<273,08	1054,48	1278,90	<363,81	571,09	97,34	2663,9	<101,57	<382,13	<415,90	534,71	<290,49	595,47	<146,78
31P	<32,93	<34,16	36,86	45,41	<9,34	<4,73	10,89	<8,05	<45,79	<47,51	<44,13	<40,08	<8,55	<12,68
42Ca	<225,93	<239,19	<211,08	<243,71	<75,35	41,2	<50,07	<62,16	<252,78	<258,35	<219,86	<202,00	213,4	144,27
45Sc	<0,38	<0,40	0,58	0,57	0,453	0,125	0,356	0,414	1,55	1,15	1,51	1,98	1,78	1,68
49Ti	307,76	219,08	248,89	196,47	62,52	23,45	118,95	146,86	557,77	563,11	1470,35	1327,38	1424,68	699,25
51V	528,87	525,86	637,19	612,53	461,23	289,66	828,5	929,85	1296,94	1296,41	1140,32	1101,46	1149,66	1019,9
52Cr	75122,93	72260,84	93964,70	80519,96	84258,9	42628,7	174053	186429	317897,03	315658,91	270465,44	255194,59	296474,94	267875
55Mn	997,89	976,37	922,29	851,83	855,29	454,9	1232,99	1306,64	2173,42	2139,12	1916,58	1764,81	1835,22	1790,15
59Co	458,46	428,08	409,91	411,42	400,53	236,92	539,07	573,13	647,02	747,32	617,08	561,81	585,16	614,53
62Ni	2493,14	2146,30	1825,86	2010,67	2137,04	1016,4	895,86	814,11	525,53	439,00	525,25	422,13	442,91	342,3
63Cu	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	14,49	5,01	1,07	0,349	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0,451	<0,16
66Zn	1699,16	1580,52	1488,02	1710,29	1372,76	919,6	2546,59	2285,79	2090,94	2389,39	2364,61	2102,40	2539,73	3326,48
85Rb	0,18	0,30	0,21	0,11	0,03	0,055	0,267	0,62	0,63	0,58	0,61	0,58	0,434	0,73
88Sr	0,27	0,11	0,74	2,28	0,022	0,0223	0,458	<0,0140	<0,027	<0,0207	<0,023	<0,0148	1,34	0,089
89Y	<0,0164	<0,024	0,05	0,03	<0,0170	<0,0095	<0,0142	<0,0156	0,01	<0,033	<0,029	<0,019	<0,0179	<0,038
90Zr	0,02	0,21	0,83	0,11	0,067	0,046	0,099	0,083	0,11	0,09	0,13	0,25	0,7	0,41
93Nb	0,04	0,03	0,06	0,22	0,061	0,0293	0,063	0,079	0,19	0,13	0,12	0,11	0,165	0,169
133Cs	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
137Ba	0,45	0,14	0,89	1,01	<0,067	0,05	0,142	0,096	<0,00	<0,19	0,06	<0,102	0,354	0,46
139La	<0,00	<0,0190	0,15	0,27	<0,0121	<0,0048	<0,0070	<0,0097	<0,0171	<0,0186	0,01	<0,0144	<0,0132	<0,0167
140Ce	0,00	0,01	0,27	0,55	<0,0070	<0,0051	0,0155	<0,0091	<0,0232	0,01	<0,00	<0,0193	0,0105	<0,011
141Pr	0,00	<0,0235	0,02	0,06	<0,0066	<0,0038	<0,0046	<0,0098	<0,00	0,00	<0,0125	<0,0163	<0,0088	<0,0130
146Nd	0,02	<0,070	<0,102	0,27	<0,081	<0,035	<0,043	<0,055	<0,079	<0,150	0,04	<0,102	<0,076	<0,089
149Sm	<0,116	<0,086	<0,189	0,03	<0,070	<0,027	<0,057	<0,046	<0,100	<0,00	<0,144	<0,094	<0,056	<0,087
151Eu	<0,00	<0,00	0,01	0,01	<0,0145	<0,0109	<0,0129	<0,0194	0,02	<0,00	<0,00	<0,024	<0,0150	<0,031
157Gd	<0,108	<0,00	<0,00	0,04	<0,069	<0,030	<0,051	<0,057	0,04	<0,141	0,07	<0,115	<0,044	<0,084
159Tb	<0,00	<0,0159	<0,00	0,01	<0,0091	<0,0057	<0,0079	<0,0084	0,02	<0,0195	0,01	0,00	<0,0118	<0,0130
161Dy	<0,00	<0,00	<0,118	0,03	<0,041	<0,026	<0,030	<0,035	<0,00	0,03	<0,123	<0,00	<0,060	<0,077
165Ho	0,00	0,01	0,01	<0,037	<0,0084	<0,0058	<0,0081	<0,0109	0,01	<0,020	<0,018	<0,017	<0,0121	<0,019
166Er	0,01	<0,00	<0,054	<0,063	<0,032	<0,0100	<0,021	<0,037	0,02	<0,065	<0,056	0,06	<0,038	<0,053
169Tm	<0,0139	<0,0208	<0,00	<0,00	<0,0127	<0,0062	<0,0067	0,0125	<0,0266	0,02	<0,0167	0,01	<0,0113	<0,024
172Yb	0,02	<0,00	0,02	<0,00	<0,098	<0,041	<0,050	<0,065	<0,085	0,03	<0,118	<0,129	<0,071	<0,12
175Lu	<0,0135	<0,0143	<0,0177	<0,021	<0,0096	<0,0054	<0,0119	<0,0093	<0,0254	0,01	<0,030	<0,00	<0,0114	<0,024
178Hf	0,03	0,03	<0,059	<0,068	<0,085	<0,057	<0,097	<0,111	<0,058	0,06	<0,059	<0,054	<0,082	<0,22
181Ta	<0,0149	0,00	0,01	<0,00	<0,0174	<0,0089	<0,0087	<0,0148	<0,020	<0,0215	<0,00	<0,025	<0,0142	<0,030
208Pb	<0,042	0,06	0,22	0,26	<0,047	<0,022	<0,026	<0,032	<0,025	<0,047	0,03	0,04	0,054	0,09
232Th	<0,0144	<0,0154	<0,022	<0,018	<0,0156	<0,0071	<0,0113	0,0148	0,01	<0,0295	<0,0241	<0,0156	0,0175	0,089
238U	<0,0148	<0,0108	0,02	<0,0126	<0,0128	<0,0065	<0,0094	<0,0119	0,02	<0,0156	<0,0132	<0,0120	<0,0135	0,03

Tabela 85- Elementos traço analisados por LA-ICP-MS em óxidos do grupo do espinélio de peridotitos metassomatizados (em ppm).

	In1-2		In1-20b		Lm1-1
	sp1-10-55um	sp1-10b-spot55um	sp1-1spot65um	sp2-2spot65um	chr-1-6
⁷ Li	2,71	2,3	0,55	0,93	7,54
²³ Na	155,76	104,82	39,03	40,01	568,45
²⁴ Mg	52470,12	52470,12	89018,3	87209	66582
²⁷ Al	8732,44	11459,38	66941,9	70134,6	22504,9
²⁹ Si	3825,2	2182,21	1704,49	3718,13	5346,54
³¹ P	65,67	60,89	<4,78	11,78	91,93
⁴² Ca	838,68	2395,82	68,96	100,9	3467,93
⁴⁵ Sc	15,3	6,83	6,36	7,63	7,37
⁴⁹ Ti	80134,36	24406,84	7625,83	9053,2	29894,8
⁵¹ V	2141,93	2630,38	985,52	1218,66	2396,92
⁵² Cr	225801,91	334137,06	331924	320949	348879
⁵⁵ Mn	2008,89	2315,78	1176,09	1270,85	2215,06
⁵⁹ Co	193,77	247,67	186,6	203,87	268,67
⁶² Ni	1321,53	1386,82	1079,51	1349,2	2157,9
⁶³ Cu	11,22	15,4	6,52	10,5	25,41
⁶⁶ Zn	543,96	927,53	338,37	381,59	836,81
⁸⁵ Rb	8,01	6,17	2,23	3,02	1,95
⁸⁸ Sr	30,95	421,62	0,262	3,64	27,15
⁸⁹ Y	0,336	0,16	<0,0173	1,18	0,47
⁹⁰ Zr	206,35	21,92	38,76	46,57	46,21
⁹³ Nb	241,8	4,06	1,04	0,74	2,65
¹³³ Cs	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
¹³⁷ Ba	20,9	96,12	13,07	5,18	30,69
¹³⁹ La	1,74	1,67	0,0086	0,09	2,97
¹⁴⁰ Ce	3,27	1,78	<0,0057	0,268	5,01
¹⁴¹ Pr	0,398	0,173	<0,0043	0,0077	0,682
¹⁴⁶ Nd	1,27	0,48	<0,051	0,122	2,41
¹⁴⁹ Sm	0,248	0,187	<0,037	0,042	<0,78
¹⁵¹ Eu	0,035	<0,032	<0,0114	<0,0119	<0,212
¹⁵⁷ Gd	0,152	0,128	<0,036	<0,055	<0,61
¹⁵⁹ Tb	0,019	<0,013	<0,0049	0,021	<0,103
¹⁶¹ Dy	0,075	<0,069	<0,031	0,13	0,81
¹⁶⁵ Ho	<0,0123	<0,017	<0,0094	0,056	<0,103
¹⁶⁶ Er	0,077	<0,047	<0,024	0,13	<0,27
¹⁶⁹ Tm	<0,017	<0,018	<0,0061	0,031	<0,104
¹⁷² Yb	<0,082	<0,122	<0,036	<0,042	0,51
¹⁷⁵ Lu	<0,022	<0,021	<0,009	<0,013	<0,127
¹⁷⁸ Hf	7,32	0,5	1,94	2,54	2,29
¹⁸¹ Ta	37,18	0,586	0,17	0,17	0,214
²⁰⁸ Pb	0,41	0,087	0,037	0,77	1,01
²³² Th	0,191	0,047	0,019	<0,016	0,48
²³⁸ U	0,246	0,241	<0,009	0,18	<0,203

Tabela 86- Elementos traço analisados por LA-ICP-MS em pargasita de peridotitos com Cr- espinélio (em ppm).

	Anf-1	In1-24a Anf-2	Anf-3	anf-5-2	In1-50 anf-5-3	anf-8-3
⁷ Li	12,49	8,15	10,82	14,97	9,39	3,78
²³ Na	32554,76	35514,02	27414,90	18212,1	19362,25	19924,73
²⁵ Mg	113936,09	135546,92	106638,07	110938	120686,93	121018,48
²⁷ Al	63814,05	68039,53	61912,82	74826,9	71153,16	71580,66
²⁹ Si	230819,17	244699,95	160426,55	152659	144637,8	148359,41
³¹ P	142,09	138,34	97,90	68,01	75,71	77,8
⁴² Ca	81618,86	81618,86	81618,86	81118,5	81118,53	82976,76
⁴⁵ Sc	172,16	251,38	158,74	149,77	147,83	159,02
⁴⁹ Ti	13320,24	12155,03	14925,64	15216,1	15982,13	15642,7
⁵¹ V	456,45	535,93	460,91	388,73	386,72	358,35
⁵² Cr	14000,43	15139,84	18364,45	11742,3	14915,95	13004,93
⁵⁵ Mn	345,17	372,77	328,45	241,27	278,11	263,03
⁵⁹ Co	31,19	35,59	31,66	24,51	25,93	25,04
⁶² Ni	862,98	921,48	813,27	614,26	611,5	620,97
⁶³ Cu	n.d.	n.d.	n.d.	0,76	0,865	0,553
⁶⁶ Zn	9,67	12,65	10,90	6,48	8,33	9,68
⁸⁵ Rb	10,03	16,03	12,09	5,63	6,88	6,47
⁸⁸ Sr	401,61	174,23	548,35	269,68	692,77	637,82
⁸⁹ Y	24,03	26,49	26,97	21,67	26,12	24,01
⁹⁰ Zr	430,61	393,46	495,29	353,84	425,35	409,71
⁹³ Nb	233,61	112,97	463,87	181,75	545,13	517,71
¹³³ Cs	0,02	0,42	0,07	<0,0132	<0,0110	0,0127
¹³⁷ Ba	280,91	282,95	286,94	235,11	282,01	263,22
¹³⁹ La	24,39	16,16	38,34	18,22	41,64	42,89
¹⁴⁰ Ce	48,39	40,03	99,97	32,7	80,3	90,57
¹⁴¹ Pr	7,30	6,34	15,17	4,62	12,78	14,94
¹⁴⁶ Nd	39,77	30,04	68,40	22,64	71,76	76,57
¹⁴⁹ Sm	10,71	9,71	17,43	7,16	16,96	16,77
¹⁵¹ Eu	2,38	2,27	4,05	2,12	4,46	4,3
¹⁵⁷ Gd	8,39	7,45	11,94	7,14	12,7	12,79
¹⁵⁹ Tb	1,21	1,25	1,40	1,02	1,42	1,45
¹⁶¹ Dy	6,38	5,02	6,39	5,95	7,25	7,05
¹⁶⁵ Ho	1,00	1,04	1,01	0,893	0,895	0,953
¹⁶⁶ Er	2,02	2,36	2,08	2,26	1,97	2,05
¹⁶⁹ Tm	0,25	0,20	0,16	0,212	0,201	0,188
¹⁷² Yb	1,29	1,57	1,13	1,03	1,14	1,12
¹⁷⁵ Lu	0,11	0,20	0,10	0,169	0,148	0,125
¹⁷⁸ Hf	11,73	9,77	13,15	9,23	14,55	12,81
¹⁸¹ Ta	7,76	3,13	33,38	5,32	38,29	35,18
²⁰⁸ Pb	0,77	1,46	1,14	0,656	0,792	0,72
²³² Th	1,86	1,36	2,53	1,3	2,52	2,69
²³⁸ U	0,35	0,17	0,42	0,209	0,311	0,393

Tabela 87- Elementos traço em ilmenita de flogopita ilmenita wherlito e de piroxenito; e composição de cristais de titanatos em peridotito metassomatizado (em ppm).

	In1-6				Fac-5		Lm1-1		
	ILM-1	ILM-1b	ILM-1c	ILM-2	ILM-1-1	ILM-2-2	math1-3	math1-3b	
7Li	1,27	2,62	2,30	1,44	3,74	2,36	7Li	0,7943	1,8498
23Na	101,90	83,41	83,18	98,13	762,09	756,45	23Na	1002,2	1889,4
25Mg	59224,89	59224,89	59224,89	59224,88	48248	48248	25Mg	19781	22609
27Al	475,37	403,37	377,23	470,79	51,87	47,79	27Al	4190,6	4340,5
29Si	<226,84	1871,54	<203,75	<219,12	<55,68	<140,70	29Si	2986,9	8196,9
31P	<30,75	<31,37	<26,40	<27,37	<4,50	<12,30	31P	19,933	37,914
42Ca	<169,50	186,05	<151,37	<160,14	234,2	163,55	42Ca	15333	19534
45Sc	45,70	43,09	37,07	38,61	38,27	43,3	45Sc	96,604	105,31
49Ti	359678,75	313114,00	316048,75	274648,34	330774	378798	49Ti	359700	359700
51V	1896,71	1731,16	1626,31	1632,26	422,82	429,78	51V	2414,8	2296,7
52Cr	11008,90	10739,18	9622,54	10633,24	471,51	501,38	52Cr	87407	93274
55Mn	2726,38	2817,56	2729,81	2224,02	7057,2	7607,8	55Mn	618,83	679,06
59Co	178,21	188,15	182,06	210,85	151,11	176,98	59Co	49,268	49,175
62Ni	1156,35	914,35	967,18	1083,58	381,62	405,93	62Ni	412,5	411,3
63Cu	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	5,25	4,47	63Cu	4,6105	7,4424
66Zn	144,94	138,69	141,40	145,14	104,86	117,02	66Zn	142,72	144,59
85Rb	0,44	<0,082	0,07	<0,084	<0,0164	<0,036	85Rb	7,5046	68,279
88Sr	0,12	14,33	0,33	0,23	0,178	0,926	88Sr	4344	5020,3
89Y	0,19	0,18	0,13	0,20	0,196	0,242	89Y	20,819	31,442
90Zr	769,27	812,63	706,81	787,08	438,53	551,76	90Zr	36899	48711
93Nb	1832,82	1464,30	1659,45	1772,54	1884,7	1980,4	93Nb	1222	1529,7
133Cs	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	133Cs	n.d.	0,1591
137Ba	0,16	4,30	0,25	<0,096	0,135	0,41	137Ba	3742,4	8538,4
139La	<0,0139	0,00	<0,0084	<0,0097	<0,0061	0,04	139La	1865,4	2216,9
140Ce	0,01	<0,0130	0,02	<0,0087	<0,0069	0,061	140Ce	2170,7	2288,9
141Pr	0,00	0,00	0,02	<0,0127	<0,0043	<0,0134	141Pr	120,68	134,69
146Nd	<0,048	0,06	0,04	<0,048	<0,046	<0,137	146Nd	264	329,58
149Sm	0,05	<0,175	0,06	<0,083	<0,033	<0,080	149Sm	13,821	18,464
151Eu	<0,00	<0,0187	<0,015	<0,018	<0,0131	<0,036	151Eu	4,0398	5,0654
157Gd	<0,130	<0,077	<0,00	0,04	<0,047	<0,090	157Gd	7,3257	8,9809
159Tb	<0,00	<0,0164	0,01	<0,0112	<0,0059	<0,0095	159Tb	0,7986	1,134
161Dy	0,02	0,11	0,05	<0,055	<0,032	0,071	161Dy	5,0918	7,0561
165Ho	0,01	<0,0162	<0,0166	0,02	<0,0084	0,019	165Ho	0,9668	1,4817
166Er	0,07	0,03	0,03	0,04	0,021	<0,044	166Er	2,6492	4,0269
169Tm	<0,0161	<0,0117	0,01	0,01	<0,0071	<0,022	169Tm	0,3961	0,584
172Yb	<0,049	<0,050	<0,071	0,05	<0,056	<0,142	172Yb	2,8494	3,8019
175Lu	0,01	<0,0124	<0,0103	<0,020	0,0104	<0,020	175Lu	0,3897	0,5749
178Hf	22,67	21,52	17,92	25,11	11,54	13,7	178Hf	941,29	1164,5
181Ta	228,38	215,07	202,29	233,68	120,36	149,19	181Ta	183,42	214,8
208Pb	<0,023	<0,036	9,88	<0,022	0,0224	0,067	208Pb	43,65	50,786
232Th	0,00	0,00	0,01	0,01	<0,0087	<0,026	232Th	25,393	34,619
238U	0,03	0,04	0,02	0,03	<0,0094	<0,020	238U	59,698	72,179

Tabela 88- Elementos traço analisados por LA-ICP-MS em flogopita de peridotitos de harzburgito porfiróclástico com mosaico, peridotitos metassomatizados e piroxenito (em ppm).

	In1-1			In1-2		Lm1-1		In1-6		In1-20b			Fac-5	
	Flog-1	Flog-1b	Flog-1c	flog3-455umra	flog5-5spot5sum	phl4-4	phl4b-5	Flog-1	Flog-2	PHL-1-8	PHL-2-9	PHL-2-9b	FLOG-2-2	FLOG-1-1
7Li	21,62	7,89	11,11	5,95	3,96	15,33	10,78	33,68	23,59	37,39	35,75	37,46	37,77	49,78
23Na	2054	1295	1301	462	353	448	246	2973	1893	2270	1874	1589	3010	2962
25Mg	128160	128160	128160	144986	90466	136784	90466	146796	146796	139619	139619	139619	128582	128582
27Al	79566	76881	65186	58018	35981	80429	52984	69850	54753	80551	73916	75746	47161	65303
29Si	260606	239906	224289	200079	99799	170984	106845	215909	194628	238122	198176	238947	166116	219153
31P	<39,42	<30,78	<38,60	39,05	11,98	<9,09	<5,14	<39,53	<37,75	19,78	6,81	6,65	<8,89	<8,33
42Ca	323,80	<171,64	1471,04	<96,18	266,95	<85,09	61,4	1059,86	<194,88	61,95	127,92	72	176,8	<56,53
46Sc	5,22	4,60	5,04	1,85	1,39	4,45	3,49	3,03	3,14	6,64	7,09	6,52	0,732	0,59
49Ti	35195	41288	35799	10441	5478	16485	10424	11832	10504	16013	14942	14720	30220	38098
51V	274,48	291,20	283,41	131,56	103,94	153,29	103,59	157,28	137,97	229,15	210,59	222,46	63,36	145,44
52Cr	6589,31	3332,16	4078,80	5067,2	3111,3	7473,69	4560,59	1660,12	1516,55	15931	13473	14343	200,13	749,31
55Mn	293,49	279,73	274,14	170,2	122,68	195,4	132,26	244,74	259,96	187	170,73	158,82	442,55	789,43
59Co	95,18	75,08	97,03	49,34	31,44	51,46	43,42	70,46	78,58	57,92	50,02	50,84	51,44	70,68
60Ni	1368,68	1444,01	1447,09	1340,8	967,02	1451,91	1057,89	1107,91	1206,11	1817,7	1604,5	1756,1	424,47	528,92
63Cu	n.d.	n.d.	n.d.	0,81	0,49	2,86	1,87	n.d.	n.d.	1,02	7,51	1,52	3,46	0,91
66Zn	58,86	50,85	55,21	39,82	23,06	39,73	26,82	56,06	56,94	20,17	23,24	19,44	40,51	73,49
85Rb	738,32	673,09	570,52	497,54	364,5	420,41	249,27	721,40	701,12	287,41	271,45	258,03	444,72	499,65
88Sr	42,34	31,43	58,70	11,34	14,2	12,46	6,96	5,28	3,26	27,07	35,32	26,1	31,3	30,74
89Y	0,07	<0,032	0,12	0,083	0,034	0,076	0,097	0,09	<0,0205	0,143	0,175	0,111	0,637	0,701
90Zr	12,92	12,63	15,98	10,01	6,3	57,76	102,48	7,62	8,40	129,14	126,62	116,93	6,05	8,24
93Nb	14,66	12,89	12,89	14,14	9,01	7,7	5,9	19,59	20,93	36,52	31,23	31,41	12,23	14,97
133Cs	3,79	3,67	4,08	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	4,57	4,37	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
137Ba	1458,72	1183,03	1017,16	251,56	155,15	603,57	334,67	225,54	140,36	1919,1	1770	1813,6	14541	14038
139La	0,08	0,01	0,14	0,105	0,0255	<0,0173	0,022	0,08	<0,0155	0,079	0,0099	0,0125	0,0326	<0,0081
140Ce	0,08	0,05	0,32	0,21	0,057	0,023	0,0146	0,15	<0,0149	0,08	<0,0049	0,0115	0,0438	0,014
141Pr	0,00	0,01	0,02	0,03	0,0075	<0,0113	<0,0048	0,01	<0,00	0,0133	<0,0045	<0,0042	<0,0092	<0,0084
146Nd	<0,065	<0,00	<0,096	0,185	<0,050	0,105	<0,059	<0,081	<0,054	0,107	<0,044	<0,058	<0,083	<0,054
149Sm	<0,120	0,04	<0,125	<0,107	0,054	<0,064	<0,060	<0,074	<0,120	<0,040	0,037	<0,039	0,13	<0,063
151Eu	0,04	<0,039	<0,025	<0,034	<0,0104	<0,032	<0,012	<0,0228	<0,030	0,082	0,037	0,061	0,091	0,1
157Gd	0,10	<0,125	0,05	<0,119	<0,041	<0,085	<0,056	<0,125	<0,00	<0,035	<0,035	<0,034	0,054	<0,074
159Tb	0,00	<0,012	<0,00	<0,019	<0,0077	<0,0123	<0,0098	<0,0132	<0,00	0,0088	<0,0051	<0,0082	<0,0139	<0,0134
161Dy	<0,00	<0,065	0,02	<0,065	<0,025	<0,079	<0,037	<0,068	<0,064	<0,026	<0,029	<0,024	<0,044	0,057
163Ho	0,01	<0,0210	0,01	<0,0255	<0,0062	<0,0166	<0,010	<0,0133	<0,0125	<0,0079	<0,0068	<0,0086	<0,0167	<0,013
166Er	<0,065	<0,038	<0,048	<0,063	<0,0236	<0,041	<0,030	0,04	<0,052	<0,030	0,04	0,04	<0,039	<0,029
169Tm	<0,0204	<0,012	0,01	<0,021	<0,0055	<0,0111	<0,0118	<0,0244	<0,0229	<0,0085	<0,0090	<0,008	<0,0143	<0,011
172Yb	0,02	<0,077	<0,068	<0,134	<0,054	<0,110	0,151	<0,062	<0,082	0,062	0,062	<0,05	<0,052	<0,076
175Lu	0,00	<0,0129	0,00	<0,029	<0,0084	<0,0244	0,014	<0,0146	<0,014	<0,008	<0,0080	<0,010	<0,0162	<0,0132
178Hf	0,40	0,59	0,61	0,52	0,148	1,35	0,76	0,23	0,31	5,31	4,71	4,66	0,321	0,49
181Ta	1,35	1,45	1,16	1,24	0,865	0,826	0,494	1,79	1,52	4,83	4,19	4,62	0,57	0,87
208Pb	0,52	0,38	0,46	0,092	0,118	0,16	0,221	0,22	<0,044	0,68	1	0,75	0,093	0,085
232Th	0,02	<0,0114	<0,020	0,036	0,024	<0,023	<0,0121	0,03	<0,0209	0,015	<0,010	<0,015	<0,0187	<0,020
238U	0,02	<0,0087	0,03	<0,024	0,021	<0,0157	0,012	0,02	0,01	0,02	<0,0061	<0,0078	<0,0173	<0,015

Tabela 89- Elementos traço analisados por LA-ICP-MS em apatita e perovskita da matriz do kimberlito Indaiá (em ppm).

	ln1-6		ln1-14a
	pv-1	ap-1	pv-1
⁷ Li	<0,47	32,75	0,18
²³ Na	942,83	5378,97	652,22
²⁵ Mg	1604,58	513584,03	1331,28
²⁷ Al	366,41	59382,91	170,96
²⁹ Si	1854,18	472850,03	988,44
³¹ P	75,44	112637,13	37,65
⁴² Ca	25207,51	393085,56	21441,03
⁴⁵ Sc	1,28	162,90	1,57
⁴⁹ Ti	36036,65	34333,36	26212,30
⁵¹ V	22,35	1227,39	15,14
⁵² Cr	105,41	5819,94	98,49
⁵⁵ Mn	35,68	7253,54	43,84
⁵⁹ Co	0,48	128,32	0,71
⁶² Ni	31,14	845,77	16,74
⁶³ Cu	n.d.	n.d.	n.d.
⁶⁶ Zn	7,90	312,40	3,79
⁸⁵ Rb	1,76	418,76	1,10
⁸⁸ Sr	495,30	11751,63	338,21
⁸⁹ Y	46,43	310,82	37,37
⁹⁰ Zr	205,41	10645,24	169,11
⁹³ Nb	1498,84	345,84	1014,08
¹³³ Cs	0,01	5,08	0,02
¹³⁷ Ba	107,20	4906,65	9,68
¹³⁹ La	1874,01	1016,48	1335,21
¹⁴⁰ Ce	4993,42	2366,22	3338,44
¹⁴¹ Pr	655,37	194,47	390,97
¹⁴⁶ Nd	2302,37	686,66	1388,52
¹⁴⁹ Sm	222,20	116,49	153,98
¹⁵¹ Eu	45,52	33,24	35,92
¹⁵⁷ Gd	88,44	94,79	66,47
¹⁵⁹ Tb	8,59	13,39	6,38
¹⁶¹ Dy	29,25	58,11	21,42
¹⁶⁵ Ho	3,24	11,71	2,28
¹⁶⁶ Er	5,73	22,51	4,27
¹⁶⁹ Tm	0,35	2,27	0,32
¹⁷² Yb	1,49	10,24	1,03
¹⁷⁵ Lu	0,13	1,57	0,11
¹⁷⁸ Hf	10,82	149,97	10,31
¹⁸¹ Ta	86,55	13,22	48,37
²⁰⁸ Pb	3,42	4,60	2,43
²³² Th	341,67	101,35	141,50
²³⁸ U	20,79	45,45	12,76