



**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA**  
**"JULIO DE MESQUITA FILHO"**  
**INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS E CIÊNCIAS EXATAS**



Trabalho de Formatura

Curso de Graduação em Geologia

MAPEAMENTO GEOLÓGICO, CARACTERIZAÇÃO LITOQUÍMICA E POTENCIAL  
ECONÔMICO DO CORPO DE CROMITITO DE CEDROLINA, SANTA TEREZINHA  
DE GOIÁS-GO.

Yuri de Melo Portella

Orientador: Prof.Dr. Nelson Angeli

Co-Orientadora: Dra. Federica Zaccarini

Rio Claro (SP)

2011

YURI DE MELO PORTELLA

MAPEAMENTO GEOLÓGICO, CARACTERIZAÇÃO LITOQUÍMICA E  
POTENCIAL ECONÔMICO DO CORPO DE CROMITITO DE CEDROLINA,  
SANTA TEREZINHA DE GOIÁS-GO.

*Trabalho de Conclusão do Curso apresentado ao  
Instituto de Geociências e Ciências Exatas da  
Universidade Estadual Paulista "Júlio de  
Mesquita Filho" campus de Rio Claro, como  
requisito para a obtenção do grau de Bacharel em  
Geologia.*

Orientador: Nelson Angeli

Co-Orientadora: Federica Zaccarini

Rio Claro – SP  
2011

553            Portella, Yuri de Melo  
P844m            Mapeamento geológico, caracterização litoquímica e potencial  
econômico do corpo de cromitito de Cedrolina, Santa Terezinha de  
Goiás-GO. / Yuri de Melo Portella. - Rio Claro : [s.n.], 2011  
71 f. : il., figs., gráfs., tabs., fots., mapas

Trabalho de conclusão de curso (bacharelado - Geologia) -  
Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas  
Orientador: Nelson Angeli  
Co-Orientador: Federica Zaccarini

1. Geologia econômica. 2. Cromita. 3. Química mineral. 4. Greenstone  
Belt de Pilar de Goiás. 5. Microsonda eletrônica. 6. Rochas ultramáficas.  
I. Título.

Ficha Catalográfica elaborada pela STATI - Biblioteca da UNESP  
Campus de Rio Claro/SP

## DEDICATÓRIA

*To my friends and family who always stood by my side.*

## AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer primeiramente aos meus pais, Rosa Maria e Eduardo, que não pouparam esforços para que eu chegasse até aqui, tendo me apoiado literalmente em todos os sentidos. Agradeço a eles ainda por sempre me instigarem a ser o melhor de mim mesmo, fazendo com que eu buscasse me aprimorar em todos os sentidos da vida. Agradeço ainda à minha irmã Lud pelo companherismo e experiências vividas juntos durante nossas viagens pelo mundo afora.

Estendo aqui minha sincera gratidão ao meu Orientador Prof. Dr. Nelson Angeli por ter me oferecido a oportunidade de desenvolver um trabalho final empolgante e desafiador, tendo me proporcionado experiências que ficaram marcadas na minha história.

Agradeço também ao Exmo. Sr. Prof. Dr. Julio Cezar Durigan, Reitor da Universidade Estadual Paulista, por acreditar na seriedade do meu trabalho e conceder o auxílio financeiro que possibilitou a minha viagem à Áustria, sem a qual esta pesquisa nunca teria sido realizada.

*I would also like to thank all the scientists, professors and colleges from the Montanuniversität Institute of Resource Mineralogy, University of Leoben, Leoben-Austria, for the warm welcome and help through the time I spent in Austria. In particular, I could not forget to give a special thanks to the Co-supervisor of this thesis, Dr. Federica Zaccarini and her husband Dr. Giorgio Garuti. The experiences and knowledge that you guys have given me, about geology and so much more, is priceless, and for that I'll be eternally grateful, thanks!!! I'm sure that our friendship will provide us many more dinner parties and 1,5 liter Puntigamers!*

Agradeço ainda aos Professores Antenor Zanardo e Antônio Carlos Arthur pela ajuda nas descrições petrográficas e ao Professor George Luiz Luvizotto pelas discussões e auxílio nas interpretações das análises de rutilo.

Finalmente, não poderia deixar de agradecer a todos os meus amigos da faculdade e de sala (Geozelithos), em especial a Dion, Torrinha, Sacudo, Xuxa e Chapisco e aos nobres colegas da República FOSSA, Gigolô, Bomba, Whisky, Tonho e Argentino (o sexto elemento) pelos incontáveis churrascos no tanquinho, risadas, cervejas, discussões (produtivas ou não), brigas, trabalhos de campo, cervejas, viagens, videos, F's e tudo mais que passamos juntos nesses tempos áureos. Depois desta monografia, acredito que o maior legado que deixo para esta Universidade foi a fundação da Rep. FOSSA, uma tradição que é exemplo de humildade e caráter, e que espero que dure até que as folhas deste trabalho estejam velhas e amareladas.

## EPÍGRAFE

"Os geólogos são os únicos seres vivos que enxergam o mundo em 4D."  
(Yuri de Melo Portella)

## RESUMO

Por anos estudos de corpos máfico-ultramáficos vêm sendo realizados no mundo inteiro devido a sua grande aplicação em interpretações geoquímicas da terra, do manto e dos processos geotectônicos vigentes desde a formação do planeta. Dentre as rochas ultramáficas, os cromititos se destacam por serem excelentes indicadores do quimismo de seus magmas parentais e de diferentes ambientes geotectônicos (e.g. zonas de sutura marcadas por complexos ofiolíticos), além de frequentemente poderem apresentar mineralizações de metais nobres associadas. Desta forma, propôs-se a investigação de um desses corpos ultramáficos que ocorrem no interior do *Greenstone Belt* de Pilar de Goiás, nas cercanias do povoado de Cedrolina. O presente trabalho resultou num mapa geológico de detalhe (1:5.000) do corpo de cromitito e das rochas encaixantes da região, além de inúmeros novos dados sobre a química das cromitas, da matriz e dos minerais acessórios do cromitito. Tal levantamento baseou-se principalmente em observações de campo, microscopia ótica e eletrônica (SEM), além de análises de microsonda eletrônica e catodoluminescência efetuadas no "Eugen F. Stumpfl Laboratory" da *Montanuniversität Institute of Resource Mineralogy, University of Leoben - Leoben, Austria*. Os cromititos são compostos por 40-70% em volume de cromita (em média ~50%), 14-55% de talco (em média ~30%), 3-60% de clorita rica em cromo (em média ~20%), traços até 4% de hidróxidos de Fe (em média ~0,7%) e traços até 3% de rutilo (em média ~1,5%). A cromita ocorre como grandes agregados nodulares esféricos ou como cristais de granulação fina a média subhedrais disseminados na matriz. Estes agregados nodulares de cromita apresentam diâmetro de 0,3-1,5 cm (em média 1 cm) e são extremamente bem arredondados, maciços a fraturados e muitas vezes deformados para elipsóides. Quando observados sob o microscópico, nota-se que os agregados possuem bordas bem arredondadas a levemente irregulares, mas em seu interior, estas estruturas evidenciam cristais finos a médios (mm) de cromita que apresentam contatos poligonais retos (euhedrais) entre si. A matriz da rocha é formada basicamente por clorita e talco que definem uma foliação metamórfica *Sn*, sendo que o talco é produto da alteração do clinocloro. O cromo espinélio, por sua vez, não apresenta mais a composição química magmática (primária), sendo sua composição atual (do tipo alto Cr) completamente metamórfica, e indicativa de reequilíbrio químico sob condições da fácies xisto verde. O reconhecimento de exsoluções de magnetita e rutilo a partir da cromita (durante a fase *Dn*) indica ainda que a composição original do Cr-espinélio, e conseqüentemente, do magma parental da rocha, era também mais rica em  $Fe^{+3}$  e Ti. Em suma, o cromitito estudado apresenta características típicas tanto de complexos ofiolíticos (podiformes), quanto de complexos intrusivos (estratiformes).

**Palavras-chave:** Cromita. Química mineral. *Greenstone Belt* de Pilar de Goiás. Microsonda eletrônica. Rochas ultramáficas.

## **ABSTRACT**

*Studies of mafic-ultramafic bodies have been carried out through the years due to their great use on the interpretation of geochemical and geotectonic processes that took place in Earth's history. Amongst them, chromitites are notably recognized for being excellent indicators of their parental magma chemistry and of different geotectonic environments, as well for frequently containing associated noble metals mineralization. Thus the investigation of one of this ultramafic bodies that occurs inside the Pilar de Goiás Greenstone Belt was proposed, resulting in a detailed map of the chromitites and country rocks, as well as innumerable new data on the chemistry of chromite and associated matrix and accessory minerals. These studies were based upon geological field observations, optic and Scanning Electron Microscope (SEM), besides electron microprobe and cathodoluminescence analysis performed at the "Eugen F. Stumpfl Laboratory" of the Montanuniversität Institute of Resource Mineralogy, University of Leoben - Leoben, Austria. The chromitites are composed of 40-70% in volume of chromite (~50% on average), 14-55% of talc (~30% on average), 3-60% of chromium rich chlorite (~20% on average), traces to 4% of iron hydroxides and traces to 3% of rutile (1,5% on average). The chromite occurs as large spherical aggregates or as fine grained subhedral crystals disseminated in the matrix. These aggregates have diameters of 0.3-1.5 cm (1 cm on average) and are extremely well rounded, massive to intensively fractured, and commonly deformed to ellipsoids. When observed under the microscope, these aggregates show well rounded to slightly irregular borders, but on their interiors, these structures are represented by fine to medium grained euhedral to subhedral chromite crystals that have sharp contacts between themselves. The rock's matrix is basically made of chlorite and talc that define a metamorphic foliation (Sn), being the talc an alteration product of the chlorite. The Cr-spinel has lost its original magmatic composition, since its present composition (high chromium) is completely metamorphic and an indication of chemical re-equilibrium under green schist facies conditions. The recognition of rutile and magnetite exsolutions from the chromite are also evidence that the original Cr-spinel (and its parental magma) was richer in Ti and Fe<sup>+3</sup>. Consequently, the studied chromitite has typical characteristics of both ophiolite related complexes (podiform chromite) and mafic-ultramafic intrusions (stratiform chromite).*

**Key-words:** Chromite. Mineral Chemistry. Pilar de Goiás Greenstone Belt. Electron microprobe. Ultramafic rocks.

## SUMÁRIO

|                                                                                         |           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1 - INTRODUÇÃO .....</b>                                                             | <b>7</b>  |
| 1.1 - Localização e vias de acesso .....                                                | 7         |
| 1.2 - Objetivos .....                                                                   | 8         |
| 1.3 - Método e etapas de trabalho.....                                                  | 8         |
| <b>2 ASPECTOS GEOLÓGICOS REGIONAIS .....</b>                                            | <b>12</b> |
| 2.1 Província Tocantins .....                                                           | 12        |
| 2.2 O Bloco Arqueano de Crixás-GO .....                                                 | 13        |
| 2.3 Greenstone Belt de Pilar de Goiás.....                                              | 14        |
| 2.3.1 Ocorrências de Cromita .....                                                      | 15        |
| 2.3.2 O Grupo Pilar de Goiás .....                                                      | 15        |
| 2.3.2.1 Fm. Córrego Fundo .....                                                         | 17        |
| 2.3.2.2 Formação Cedrolina .....                                                        | 17        |
| 2.3.2.3 Formação Boqueirão .....                                                        | 17        |
| 2.3.2.4 Formação Serra do Moinho .....                                                  | 18        |
| 2.4 Fundamentação teórica sobre cromititos .....                                        | 18        |
| 2.4.1 Cromita e Cromititos .....                                                        | 18        |
| 2.4.1.1 Cromititos Podiformes .....                                                     | 19        |
| 2.4.1.2 Cromititos Estratiformes .....                                                  | 20        |
| 2.4.1.3 Características Químicas .....                                                  | 20        |
| <b>3 GEOLOGIA LOCAL .....</b>                                                           | <b>22</b> |
| 3.1 Litologia e estratigrafia.....                                                      | 22        |
| 3.1.1 Unidade Metavulcânica Máfica/Ultramáfica Indiferenciada (Fm. Córrego Fundo?)..... | 24        |
| 3.1.2 Metavulcânicas Ultramáficas .....                                                 | 25        |
| 3.1.3 Metavulcânicas Máficas (Fm. Cedrolina).....                                       | 26        |
| 3.1.4 Metassedimentos Químicos/Clásticos (Fm. Boqueirão) .....                          | 29        |
| 3.1.7 O Cromitito de Cedrolina .....                                                    | 33        |
| 3.1.7.1 Aspectos Gerais .....                                                           | 33        |
| 3.1.7.2 A Rocha Hospedeira (Talco Xisto).....                                           | 36        |
| 3.1.7.3 A Cromita .....                                                                 | 37        |
| 3.1.7.4 A Matriz.....                                                                   | 40        |
| 3.1.7.5 O Rutilo .....                                                                  | 42        |
| 3.1.7.6 Mineralogia Acessória .....                                                     | 44        |
| 3.1.8 Laterita Manganífera .....                                                        | 48        |
| 3.2 Geologia estrutural .....                                                           | 48        |
| 3.2.1 Fase Dn .....                                                                     | 49        |
| 3.2.2 Fase Dn+1 .....                                                                   | 49        |
| 3.2.3 Fase Dn+2 .....                                                                   | 50        |
| <b>4 DADOS ANALÍTICOS .....</b>                                                         | <b>51</b> |
| 4.1 Análises de cromita .....                                                           | 51        |
| 4.1.1 Diagramas da Cromita .....                                                        | 52        |
| 4.2 Análises de clorita .....                                                           | 53        |
| 4.3 Análises de rutilo .....                                                            | 54        |

|                                                                        |           |
|------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>5 METAMORFISMO E ALTERAÇÃO SUPÉRGENA .....</b>                      | <b>55</b> |
| <b>5.1 Metamorfismo hidrotermal .....</b>                              | <b>55</b> |
| <b>5.2 Metamorfismo dinamotermal .....</b>                             | <b>56</b> |
| <b>5.3 Alteração supérgena.....</b>                                    | <b>59</b> |
| <b>6 ASPECTOS ECONÔMICOS .....</b>                                     | <b>60</b> |
| <b>6.1 Potencial econômico do corpo de cromitito de Cedrolina.....</b> | <b>60</b> |
| <b>7 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS .....</b>                        | <b>62</b> |
| <b>8 EVOLUÇÃO GEOLÓGICA DA ÁREA.....</b>                               | <b>65</b> |
| <b>9 CONCLUSÕES .....</b>                                              | <b>66</b> |
| <b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>                                 | <b>69</b> |
| <b>APÊNDICE A - MAPA GEOLÓGICO</b>                                     |           |
| <b>APÊNDICE B - MAPA DE PONTOS</b>                                     |           |
| <b>APÊNDICE C - TABELA DE MINERAIS ACESSÓRIOS DO CROMITITO</b>         |           |
| <b>APÊNDICE D - FICHAS DE DESCRIÇÃO PETROGRÁFICA</b>                   |           |
| <b>APÊNDICE E - ESTEREOGRAMAS</b>                                      |           |
| <b>APÊNDICE F - CONDIÇÕES ANALÍTICAS</b>                               |           |
| <b>APÊNDICE G - ANÁLISES DE MICROSSONDA ELETRÔNICA</b>                 |           |

## 1 - INTRODUÇÃO

A presença de corpos máficos-ultramáficos com a ocorrência de níveis ricos em cromita (cromititos) já vem sendo observada nas imediações do *Greenstone Belt* de Pilar de Goiás (GBPG) por algum tempo (Ribeiro Filho, 1981; Danni *et al.* 1986). No entanto, trabalhos de caracterização petrográfica, litoquímica e de avaliação do potencial econômico dessas rochas não são encontrados na literatura. Desta maneira, afim de preencher tais lacunas no conhecimento geológico regional, propôs-se a investigação de um desses corpos de rochas ultramáficas, mais especificamente os cromititos encontrados nas cercanias de Cedrolina, aglomerado do município de Santa Terezinha de Goiás, Goiás.

Os cromititos estão associados a talco clorita xistos que foram intensamente metamorizados, deformados e que posteriormente sofreram intensa alteração supérgena. O corpo de rochas ultramáficas é tabular e de pequenas dimensões, apresentando formato elíptico (230x100m - Apêndice A), e espessuras que variam de 1-2,4m (1,5m em média). Tais litotipos estão encaixados em rochas metavulcanossedimentares e são concordantes à foliação metamórfica principal observada na área, que mergulha suavemente (20-30°) para noroeste.

Esta investigação consistiu duas etapas principais: 1 - coleta de dados de superfície, mapeamento geológico do corpo e amostragem do cromitito; e 2 - análises laboratoriais (qualitativas e quantitativas) da química da assembléia mineralógica da rocha. Tais análises basearam-se principalmente em microscopia ótica (luz transmitida e refletida) e eletrônica (SEM - "Scanning Electron Microscope"), além de dados obtidos com o auxílio de microsonda eletrônica e catodoluminescência.

### 1.1 - Localização e vias de acesso

O povoado de Cedrolina, pertencente à cidade de Santa Teresinha de Goiás, está localizado a 285 km a Norte da capital do estado, Goiânia, e 296 km a Noroeste da capital federal, Brasília (Fig. 1.1). A partir de Goiânia, a melhor alternativa de acesso é a GO-080 sentido norte até São Francisco de Goiás, onde toma-se a BR-153 até São Luiz do Norte e posteriormente a GO-338 sentido Hidrolina e, finalmente, a GO-154 chegando em Cedrolina. De Brasília segue-se pela BR-080 até o entroncamento com a BR-251, prosseguindo na mesma até Pensão de São Miguel, onde retorna-se à BR-080 permanecendo até o acesso da BR-153, na qual assume-se sentido sudoeste até São Luiz do Norte, seguindo a partir de então, as mesmas direções enunciadas acima.

Fig. 1.1 - Localização do povoado de Cedrolina.



O polígono vermelho representa esquematicamente (fora de escala) a área de estudo. Fonte Google Maps 2011.

## 1.2 - Objetivos

O presente trabalho tem como seus principais objetivos o mapeamento geológico de detalhe (escala 1:5000) e a caracterização petrográfica e litoquímica do corpo de cromitito de Cedrolina-GO. Com base nos dados coletados em campo e através de análises laboratoriais diversas, almeja-se determinar a origem e o ambiente geológico ao qual estas rochas estão associadas (ofiolitos ou magmatismo máfico-ultramáfico). É ainda do intuito do projeto avaliar o potencial econômico do corpo para Cr, PGM (minerais do grupo da platina) e Au. Com a compilação de todos os dados supracitados, foram feitas algumas inferências e levantadas hipóteses/possibilidades sobre a formação dos cromititos e suas relações/implicações temporais, espaciais, evolutivas e geotectônicas para com as rochas do GBPG.

## 1.3 - Método e etapas de trabalho

i. Compilação Bibliográfica: Buscou-se artigos, publicações e livros sobre a geologia do Maciço Arqueano de Goiás e do *Greenstone Belt* de Pilar de Goiás, a fim de se familiarizar com o contexto geológico e com os litotipos característicos que ocorrem na região. Dentre as os principais trabalhos consultados pode-se citar Danni & Ribeiro (1978), Sabóia (1979), Ribeiro Filho (1981), Danni *et al.* (1986), Jost & Oliveira (1991), Lacerda (1997), Queiroz (2000), Pimentel *et al.* (2004), Queiroz *et al.* (2008), Jost *et al.* (2008 e 2010). Foram ainda reunidos

mapas geológicos, fotos aéreas, imagens de satélite, imagens Alos (3D) e imagens Aster GDEM (modelo digital de elevação global) da área, com o propósito de se produzir uma base topográfica adequada à escala de trabalho proposta (1:5.000), visto que a base existente (folha Itapací 1:100.000 - DSG 1975) não atende as necessidades de detalhe desejadas.

ii. Levantamento de Campo: O mapeamento foi desenvolvido de forma sistemática, com o auxílio de uma base topográfica produzida pelo próprio autor, imagens de satélite e GPS para a localização em campo/marcação dos pontos. Devido à escassez de afloramentos e ao relevo muito arrasado e plano da área, foi necessária uma abordagem que buscou locais que apresentavam maior probabilidade de afloramentos de rocha, como estradas de terra, barrancos e drenagens. Os pontos foram marcados seguindo critérios de espaçamento, qualidade de afloramento de rocha e mudança litológica. Todos os pontos foram descritos e anotados em caderneta de campo, e quando viu-se necessário ou oportuno, complementados com perfis esquemáticos (orientados e em escala), fotos, desenhos ilustrativos e coleta de amostras (orientadas ou não). Quando observadas ou passíveis de serem medidas, foram tomadas as atitudes de estruturas como foliações, acamamento sedimentar reliquiar, superfícies envoltórias, fraturas e lineações com o auxílio de bússola Clar, sendo posteriormente plotadas juntamente com os pontos na base topográfica. Foram utilizados os seguintes materiais: caderneta de campo; GPS Garmin Etrex; bússola Clar; martelo geológico; canivete; lupa de mão (20x); HCl 10%; H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>; máquina fotográfica; escalas diversas; ímã; material de escritório; sacos plásticos. Os dados coletados em campo foram sistematicamente digitalizados ao final de cada dia, e compilados na forma de uma planilha de dados, ligada ao programa de modelamento ArcGis. De posse de todas estas informações, foi elaborado o mapa geológico 1:5.000 do cromitito e das rochas encaixantes.

iii. Adensamento de Dados e Confeção/Descrição de Lâminas: Durante esta fase do projeto, os dados recolhidos em campo tiveram uma interpretação preliminar. Foram confeccionadas e descritas 25 lâminas, sendo 19 polidas (15 do cromitito e 4 da rocha hospedeira) e 6 delgadas (das rochas do GBPG). A descrição de todas as lâminas foi balizada por uma ficha criada pelo próprio autor, afim de serem obtidos dados completos e coerentes, evitando assim, discrepâncias e lacunas de informação. As lâminas polidas foram observadas através de luz refletida, com o intuito de serem reconhecidos os minerais opacos (óxidos e metais nobres). As lâminas delgadas serviram para a melhor caracterização petrográfica de litotipos que não foram

passíveis de serem adequadamente classificados apenas com a observação macroscópica, e também para observação de feições microestruturais.

iv. Análises laboratoriais do cromitito: Esta etapa do trabalho foi desenvolvida na *Montanuniversität Institute of Resource Mineralogy, University of Leoben - Leoben, Austria*, durante o período de 7 de julho a 18 de agosto, com o auxílio de pesquisadores e professores daquela instituição. Foram realizadas mais de 800 análises (qualitativas e quantitativas) das cromitas, dos minerais da matriz e também dos minerais acessórios utilizando os equipamentos do "Eugen F. Stumpfl Laboratory" (Fig. 1.2A), o qual é coordenado pela Dra. Federica Zaccarini. O laboratório é equipado com todos os aparelhos necessários para o preparo das amostras (Fig. 1.2B), e conta com uma microsonda eletrônica "Superprobe Jeol JXA 8200" (Fig. 1.2C) com cinco espectrômetros de última geração, a qual está acoplada à uma *workstation* totalmente informatizada (Fig. 1.2D). A microsonda detém um microscópio eletrônico (SEM - "Scanning Electron Microscope") com capacidade de aumento de até 300.000x, além de possuir uma câmera ótica e uma unidade de análise de catodoluminescência. Com a "Superprobe Jeol JXA 8200" são possíveis de serem realizadas análises qualitativas e quantitativas pontuais devido ao diminuto diâmetro do feixe de elétrons produzido ( $<1\ \mu\text{m}$ ), utilizando os sistemas EDS ("Energy Dispersive Spectrometry") e WDS ("Wavelength Dispersive Spectrometry"), respectivamente. Não é objetivo deste trabalho descrever em detalhe a metodologia empregada em análises de microsonda eletrônica, e para tanto, sugere-se a leitura de bibliografia específica. No entanto, os procedimentos utilizados nesta etapa podem ser sucintamente enunciados a seguir:

- 1- a preparação das lâminas: repolimento das mesmas através de discos rotativos com pasta diamantada e posterior recobrimento com grafite através do equipamento EMITECH K950X (Fig. 1.2B) para a estabilização do feixe de elétrons;
- 2 - "scan" das lâminas com imagens BSE ("Backscattered electron") produzidas pelo SEM, visando a localização de PGM e ouro;
- 3 - análises pontuais dos minerais com os sistemas EDS e/ou WDS e catodoluminescência.

Tais análises foram imprescindíveis na caracterização e identificação dos minerais acessórios, pois estes muitas vezes apresentavam tamanhos diminutos ( $<10\mu\text{m}$ ), sendo impossível a sua identificação apenas com a observação sob o microscópio ótico. Os resultados trouxeram também novas informações sobre o quimismo das cromitas e dos minerais da matriz, o que é de fundamental importância para classificação genética da rocha.

Fig. 1.2 - Instalações e equipamentos utilizados na Universidade de Leoben - Áustria.



A - "Eugen F. Stumpfl Laboratory"; B - Equipamento EMITECH K950X; C - Microsonda eletrônica "Superprobe Jeol JXA 8200"; D - Workstation acoplada à microsonda.

v. Interpretação dos dados: Visou-se a interligação/correlação das informações coletadas na campanha de campo com os dados obtidos por meio dos ensaios analíticos realizados na Áustria. A fusão dos dados empíricos de campo e laboratório gerou uma base sólida para a interpretação da origem dos cromititos e suas relações/implicações para com o GBPG. As análises das cromitas foram plotadas em diversos gráficos que possibilitam a classificação química e genética dos cromititos. Entretanto, tais gráficos são utilizados principalmente em cromitas de composição primária pouco ou não alterada, devendo seus resultados serem interpretados com cautela em corpos muito metamorfizados (como neste caso). Por outro lado, tais gráficos são também úteis para indicar *trends* de alteração/metamorfismo sofridos pela rocha.

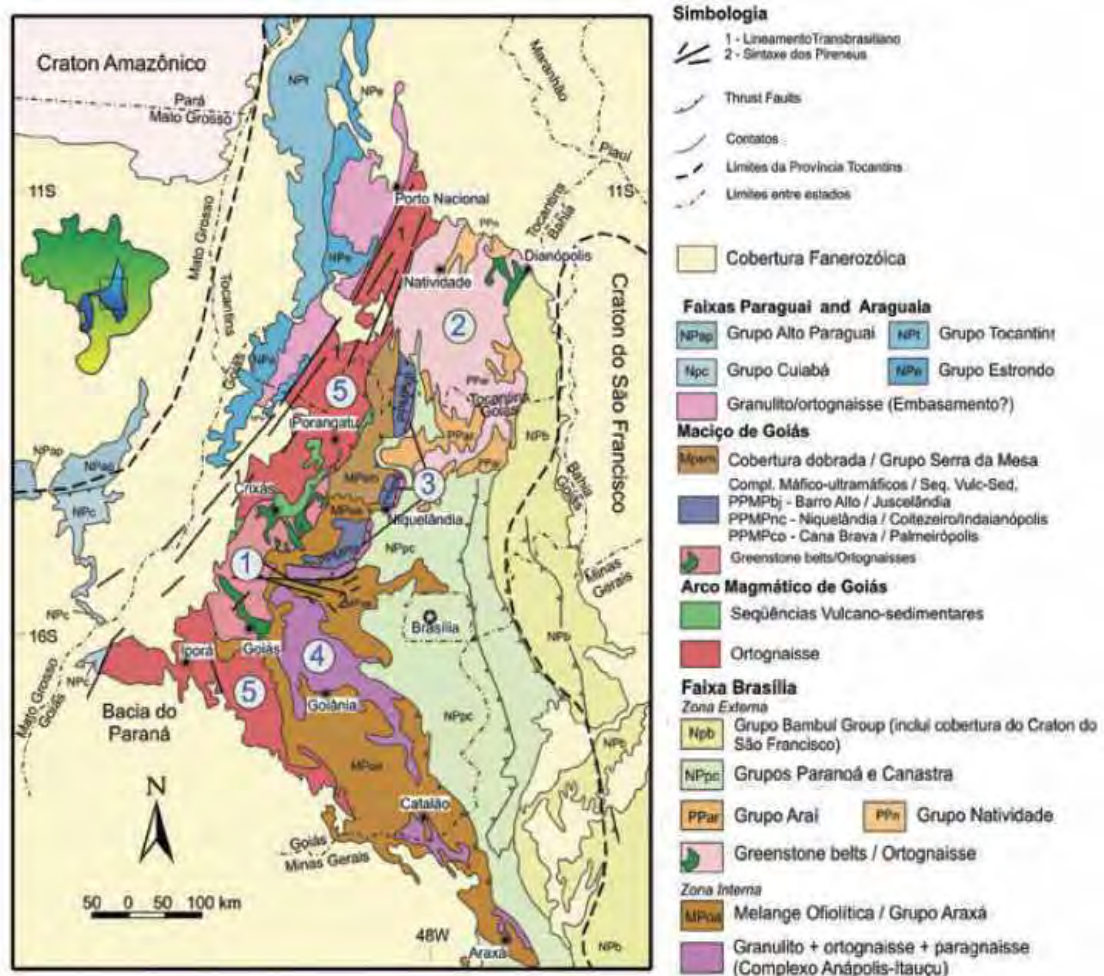
vi. Confecção do Relatório: Foram agrupados e organizados de forma clara e inteligível, todos os resultados lavrados desta pesquisa. O relatório aborda os diversos temas envolvidos no projeto e seus resultados/conclusões na forma de capítulos, os quais foram divididos em subitens para a melhor disposição e tratamento de cada assunto.

## 2 ASPECTOS GEOLÓGICOS REGIONAIS

### 2.1 Província Tocantins

O corpo ultramáfico alvo deste estudo está contido nos limites do *Greenstone Belt* de Pilar de Goiás (GBPG), que localiza-se na porção centro-norte do estado de Goiás, na região centro-oeste do Brasil. O GBPG, por sua vez, está inserido na região centro-leste da Província Tocantins, que segundo Pimentel *et al.* (2004), pode ser dividida em 5 seguimentos, sendo o GBPG parte do Bloco Arqueano de Crixás-Goiás (Fig. 2.1).

Fig. 2.1 – Mapa Geológico simplificado da porção centro-leste da Província Tocantins.

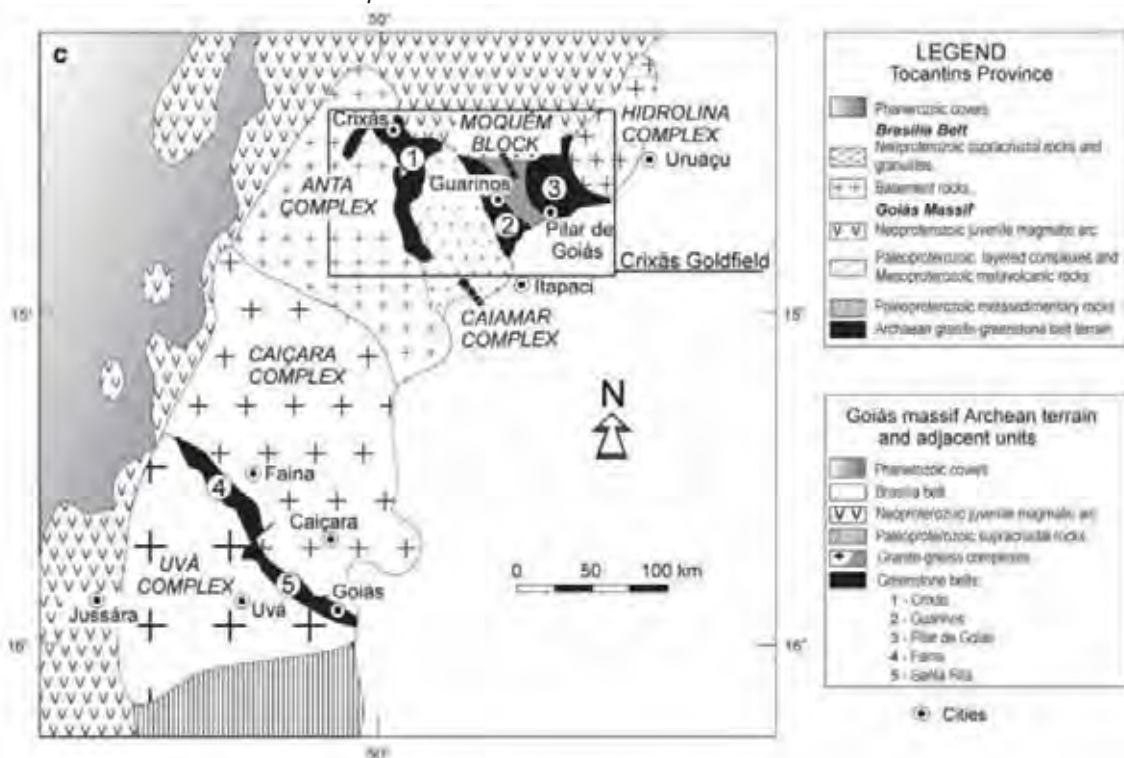


1) Bloco Arqueano de Crixás-Goiás; 2) Terrenos Paleoproterozóicos de Almas-Natividade; 3) Complexos máficos-ultramáficos; 4) Complexo Anápolis-Itauçu; 5) Arco Magmático de Goiás. (Pimentel *et al.* 2004)

## 2.2 O Bloco Arqueano de Crixás-GO

O Bloco Arqueano de Crixás-GO localiza-se na porção centro-oeste do estado, e é composto por uma típica associação de complexos granito-gnáissicos (~80%) e *Greenstone Belts* (~20% - Pimentel *et al.* 2004). As sequências supracrustais de rochas verdes ocorrem em cinco faixas com comprimentos que variam de 40 a 100 km, com larguras médias de 6 km (Pimentel *et al.* 2004), emolduradas pelos complexos granito-gnáissicos, sendo três localizadas no extremo norte (Crixás, Guarinos e Pilar de Goiás) e duas no sul (Serra de Santa Rita e Faina - Fig. 2.2).

Fig. 2.2 - Subdivisão do Terreno Arqueano de Goiás.



Os numeros 1,2,3,4 e 5 representam os *Greenstone Belts* de Crixás, Guarinos, Pilar de Goiás, Faina e Santa Rita, respectivamente. (modificado de Resende *et al.* 1998, in: Jost e Fortes 2001).

Neste trabalho foi enfocada uma pequena porção do centro-norte do GBPG, nas proximidades dos municípios de Crixás, Pilar de Goiás, Santa Terezinha de Goiás e do povoado de Cedrolina (Fig. 2.3). Segundo Jost *et al.* (1995), os terrenos da região de Crixás-GO apresentam associações de rochas metavulcanossedimentares (*Greenstone Belts* de

Crixás, Guarinos e Pilar de Goiás) dispostas em faixas subparalelas de alinhamento geral NS, que são separadas pelos complexos granito-gnáissicos Anta, Caiamar, Moquém e Hidrolina, respectivamente (Danni & Ribeiro 1978, Sabóia 1979 - Figura 2.2). Queiroz (2000) e Queiroz *et al.* (2008) dataram diversos litotipos pertencentes a estes complexos gnáissicos, que variam de tonalíticos a graníticos, e apresentam idades entre 2,7 e 2,8Ga, sendo portanto, arqueanos.

Danni & Ribeiro (1978) foram os primeiros a sugerir que as associações granito-*greenstone belt* do Brasil central pudessem representar um segmento crustal Arqueano, e desde então, as rochas supracrustais do norte de Goiás (*greenstone belts* de Crixás, Guarinos e Pilar de Goiás) foram também consideradas de idade arqueana. Contudo, trabalhos de Fortes *et al.* (2003) e, mais recentemente, Jost *et al.* (2008 e 2010) trouxeram novos dados que apontam idades paleoproterozóicas para as sequências metassedimentares (superiores) dos *greenstone belts* do Brasil central. Com relação às sequências basais (metavulcânicas), os dados geocronológicos existentes são ainda muito controversos, e portanto, estas unidades podem ser tanto arqueanas, quanto paleoproterozóicas.

Os *greenstone belts* do norte de Goiás são ainda intrudidos por pequenos corpos de albita-granito-gnaisses, que podem ser encontrados em qualquer posição estratigráfica, e estão atualmente profundamente alterados para massas caulínicas (Queiroz 2000). A mesma autora datou zircões de um albita-granito-gnaiss intrusivo no GBPG pelo método U-Pb SHRIMP, obtendo idades concordantes de  $2.145 \pm 12$  Ma. A mineralogia essencial dessa rocha é composta por albita e quartzo, excepcionalmente microclínio, além de biotita, localmente anfibólio, zircão, apatita, pirita, magnetita e ilmenita como fases acessórias comuns.

### 2.3 Greenstone Belt de Pilar de Goiás

O GBPG é uma faixa de ~25 km extensão (NS) e ~14 km de largura (EW) composta por rochas metavulcanossedimentares que apresentam estruturação com traçado curvilíneo, a qual é representada pelos litotipos do Grupo Pilar de Goiás (Jost & Oliveira 1991). Na sua porção sul, apresenta orientação aproximadamente NW-SE e em direção a norte, sofre uma inflexão progressiva, assumindo orientação com tendência NE-SW (Fig. 2.3). Esta estrutura é ladeada a oeste pelo complexo granito-gnáissico do Bloco Moquém através da Zona de Cisalhamento Luzelândia (Jost *et al.* 2001) e a leste por contato regular suavemente curvo com o Complexo Hidrolina (Queiroz 2000). A norte e a sul é coberta discordantemente através de falhas pelas rochas proterozóicas pertencentes ao Arco Magmático de Mara Rosa (através da Zona de Cisalhamento Mandinópolis - Jost *et al.* 2001) e ao Grupo Araxá, respectivamente.

### 2.3.1 Ocorrências de Cromita

Ao descrever a porção basal (ultramáfica) do Gr. Pilar de Goiás, ainda com a conotação proposta por Danni & Ribeiro (1978) e Sabóia (1979), a qual agrupava as rochas metavulcanossedimentares dos três *greenstones* (Crixás, Guarinos e Pilar de Goiás) em uma só unidade, Ribeiro Filho (1981), aponta que a diferenciação magmática parece não ter sido restrita apenas ao ambiente como um todo, mas também teria ocorrido dentro da sequência basal. O mesmo autor comenta ainda que, dentro da sequência metassedimentar, embora menos frequente, o vulcanismo não desaparece, sendo encontradas rochas ultramáficas (hoje talco clorita xistos) até no topo do Gr. Pilar de Goiás. Ribeiro Filho (1981) ainda faz referência a intrusões encontradas na região de Pilar-Mara Rosa, descrevendo a ocorrência de diques métricos a quilométricos de corpos máficos-ultramáficos aparentemente diferenciados e corpos serpentínicos Alpinos, inclusive com presença de cromita.

Ao descreverem a mesma unidade (basal) na região de Pilar-Hidrolina, Danni *et al.* (1986) também observaram a preservação de intrusões diferenciadas do tipo soleiras rasas (sills), de composição (meta)peridotítica e (meta)piroxenítica. Estes autores ainda discorrem que algumas soleiras contêm camadas centimétricas de cromititos, e fácies de serpentinitos com concentrações de cromitas orbiculares e nodulares que seriam originárias do processo de acumulação de olivina e cromita oriundas "[...]da cristalização através de sucessivos pulsos magmáticos durante a diferenciação." (Danni *et al.* 1986).

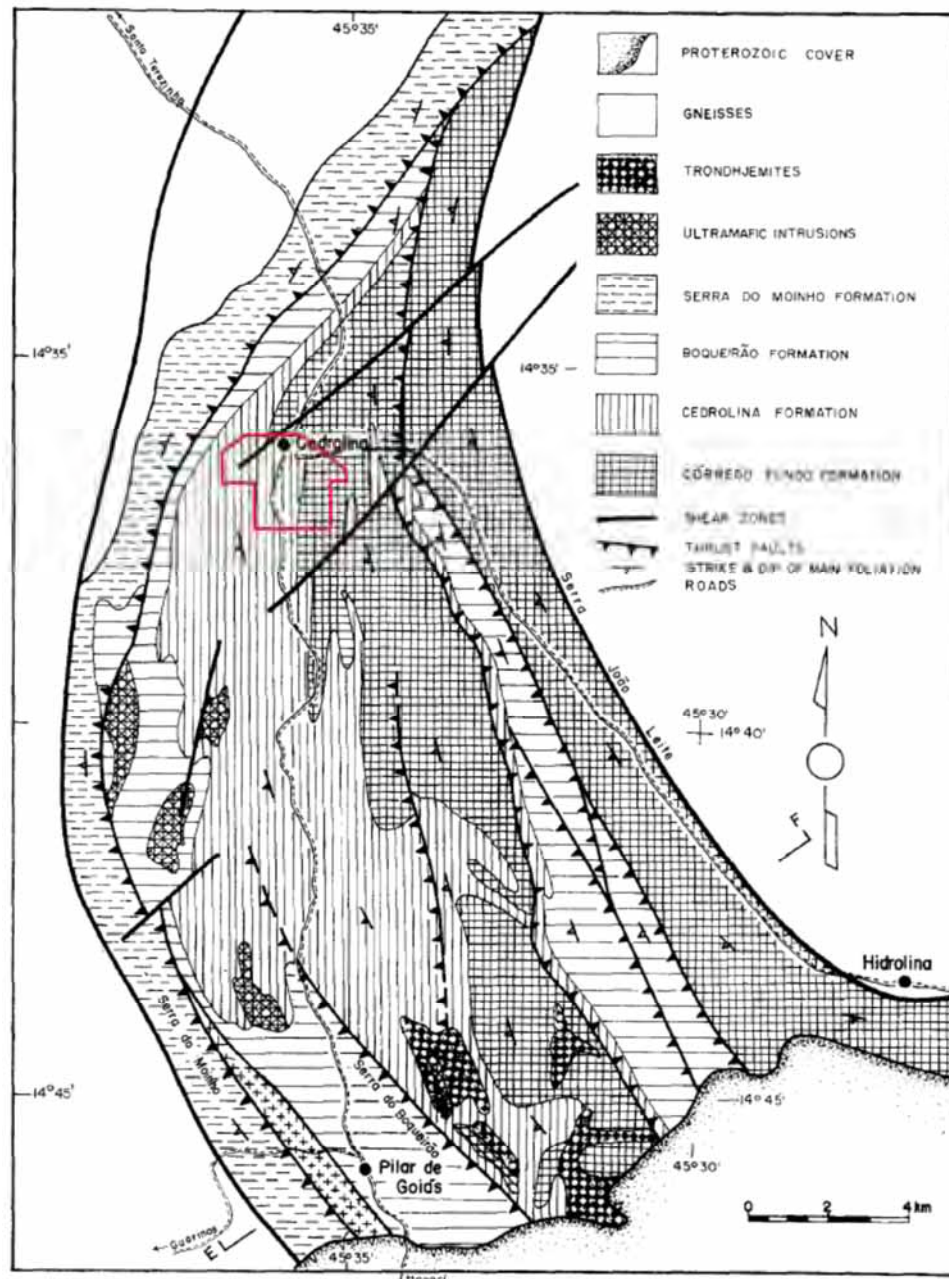
### 2.3.2 O Grupo Pilar de Goiás

As primeiras designações para as rochas supracrustais do Bloco Arqueano de Goiás como Grupo Pilar de Goiás são devidas a Danni & Ribeiro (1978) e Sabóia (1979). Inicialmente, tal nomenclatura foi estendida para todas as sequências vulcanossedimentares da porção norte do Bloco (Crixás, Guarinos e Pilar de Goiás), sendo criadas as formações (da base para o topo) Córrego Alagadinho (metakomatiitos), Rio Vermelho (metabasaltos) e Ribeirão das Antas (metassedimentos) para agrupar as rochas das três faixas. Alguns anos mais tarde, Danni *et al.* (1986) descreveram o GBPG como sendo composto por quatro unidades litológicas: uma basal metaultramáfica; uma metamáfica; uma metassedimentar química; e a mais superior de origem metapelítica.

Somente em 1991, Jost & Oliveira, baseados na proposta de Danni *et al.* (1986) e em diferenças litológicas significativas entre as três faixas, propuseram que o Gr. Pilar de Goiás fosse desmembrado, dando origem aos Grupos Crixás, Guarinos e Pilar de Goiás para

representar as diferenças estratigráficas dos respectivos *greenstones*. Aqueles autores dividiram o Gr. Pilar de Goiás nas seguintes formações, citadas da base para o topo: Córrego Fundo, Cedrolina, Boqueirão e Serra do Moinho (Fig. 2.3). Os contatos entre as unidades são em geral abruptos, mas subunidades podem apresentar contatos gradacionais.

Fig. 2.3 - Mapa geológico do GBPG. O polígono vermelho demarca a área de estudo.



Fonte: modificado de Danni et al. (1986), in: Jost & Oliveira (1991).

Neste trabalho será, portanto, adotada a estratigrafia proposta por Jost & Oliveira (1991), que tratam cada *greenstone* como uma unidade distinta. Consequentemente, as descrições dos litotipos diagnósticos das formações do Gr. Pilar de Goiás providas a seguir são baseadas nos trabalhos daqueles autores e de Pimentel *et al.* (2004).

#### 2.3.2.1 Fm. Córrego Fundo

A formação Córrego Fundo tem aproximadamente 800-900 m de espessura e aflora na metade leste do GBPG, numa faixa de 1-5 km de largura. Sua seção-tipo foi definida a sudoeste do Córrego Fundo, localizado a oeste da cidade de Hidrolina. Esta unidade apresenta uma sucessão de metakomatiitos hoje representados por serpentinitos, xistos e filitos com variadas proporções de talco, clorita, serpentina, carbonatos e actinolita, e subordinadamente por derrames basálticos e piroxeníticos transformados em xistos/filitos com tremolita. Camadas e lentes de *metachert* e formações ferríferas bandadas (BIF) fácies óxido ou silicato, bem como sills e diques de piroxenito são intercalações comuns. Em direção ao topo da sequência, tornam-se cada vez mais frequentes intercalações de xistos/filitos com tremolita, o que sugere que o vulcanismo komatiítico progrediu para termos mais cálcicos, e localmente tufáceos. Estruturas primárias como texturas *spinifex* são raramente observadas (Jost & Oliveira 1991, Pimentel *et al.* 2004).

#### 2.3.2.2 Formação Cedrolina

Esta formação tem de 400-500 m de espessura, aflorando na porção central do GBPG. Os litotipos pertencentes a esta unidade compõem fluxos de metabasaltos toleíticos transformados em filitos/xistos com anfibólio e anfibolitos, caracteristicamente encontrados nas cercanias do povoado de Cedrolina, pertencente ao município de Santa Terezinha de Goiás. Algumas estruturas vulcânicas e subvulcânicas reliquiares podem ser encontradas, como material tufáceo intersticial. Intercalações de 1-2 m de formação ferríferas fácies óxido e/ou formações manganíferas, lateralmente contínuas ou não, também podem ser encontradas (Jost & Oliveira 1991, Pimentel *et al.* 2004).

#### 2.3.2.3 Formação Boqueirão

A formação Boqueirão apresenta espessura máxima de 200-250m, e tem sua seção-tipo localizada na Serra do Boqueirão, logo a norte da cidade de Pilar de Goiás. Tal unidade pode ser dividida em dois membros: o inferior (~50m) composto por tremolita-carbonato-pirita

*metacherts* maciços, que aumentam em teor de tremolita em direção ao topo, e gradam verticalmente para rochas calciossilicáticas; e o superior caracterizado por rochas calciossilicáticas acamadadas com quartzo, actinolita, carbonatos e epidoto, intercaladas com finas lentes de *metachert*. A parte superior desta sequência mostra ainda lentes de dolomitos maciços a bandados de coloração branca, com fácies laterais e verticais que transicionam para rochas com clorita, biotita e carbonato e anfibólio, clorita com carbonato (Jost & Oliveira 1991, Pimentel *et al.* 2004).

#### 2.3.2.4 Formação Serra do Moinho

Esta unidade tem espessura de 300 a 400m, e sua seção-tipo localiza-se nos primeiros 3 km da estrada que liga os municípios de Pilar de Goiás e Guarinos. Consiste de uma monótona sequência de clorita-sericita-quartzo filitos, que frequentemente contém material carbonoso. Dentro dessas zonas ricas em material carbonoso, é comum a ocorrência de finas intercalações de formações ferríferas bandadas ou manganíferas, que são, em geral, lateralmente descontínuas (Jost & Oliveira 1991, Pimentel *et al.* 2004).

## 2.4 Fundamentação teórica sobre cromititos

### 2.4.1 Cromita e Cromititos

As cromitas são minerais compostos basicamente por oxigênio, ferro e cromo ( $\text{Fe}^{2+}\text{Cr}_2\text{O}_4$ ), sendo óxidos pertencentes ao grupo dos espinélios e, por esta razão, podem ser também denominados de cromo espinélios. A estrutura do mineral é típica deste grupo, e permite que o Mg substitua parcialmente o  $\text{Fe}^{2+}$ , e que Al e  $\text{Fe}^{+3}$  também substituam o Cr.

Os cromititos são rochas resultantes de processos de segregação magmática em magmas máficos-ultramáficos, dando origem a rochas ígneas cumuláticas, nas quais a cromita é a principal fase mineral. Ao descreverem as extensas camadas de cromititos encontradas no Complexo de Bushveld (África do Sul), Kinnaird *et al.* (2002) definem os cromititos como rochas nas quais os grãos de cromita representam >50% da assembléia mineralógica. Entretanto, a classificação *sensu stricto* dos cromititos com relação à porcentagem de cromita, bem como a sua divisão em disseminados e maciços, ainda é motivo de debate. Cheng (1965) apresenta várias divisões para a classificação dos cromititos em maciços ou disseminados, mas de maneira geral, considera aqueles como contendo >95%, e estes <95% de cromita. Num

trabalho de revisão sobre depósitos de cromita estratiforme recentemente publicado pelo serviço geológico americano - USGS, Schulte *et al.* (2010) consideram cromititos maciços como contendo mais que 90% de cromita. Em decorrência destes fatos, neste trabalho será adotado que rochas com 50-90% de cromo espinélio são cromititos disseminados, e com mais de 90%, maciços.

Os depósitos de cromita são subdivididos em dois grupos, de acordo com as características das rochas encaixantes e a geometria do corpo de minério, podendo ser classificados como estratiformes ou podiformes (Thayer 1969). Existem ainda depósitos sedimentares de cromita, que são concentrações secundárias resultantes da cominuição/erosão, transporte e deposição da cromita a partir de um corpo primário, em geral por sistemas aluvionares (depósitos de pláceres). Um exemplo de ocorrência deste tipo de depósito pode ser encontrada na China, sendo no entanto, raro e de baixo teor, e consequentemente, antieconômico (Zhou & Bai 1992).

A origem dos cromititos pode estar ligada a dois processos/ambientes geológicos: a complexos ofiolíticos/alpinos, ou seja, a sequências máficas/ultramáficas de fundo oceânico que foram tectonicamente empurradas (obductadas) sobre cinturões orogênicos, caracterizando assim, corpos alóctones; ou a intrusões máficas/ultramáficas (em áreas continentais) estratificadas por processos de segregação magmática, em particular, por ação gravimétrica (por diferença de densidade). Os depósitos de cromita relacionados a ofiolitos podem ocorrer tanto nas sequências mantélicas (peridotítica), quanto nas sequências cumuláticas, sendo podiformes e estratiformes, respectivamente. Já os depósitos relacionados às grandes intrusões de caráter máfico/ultramáfico formam corpos zonados, resultando assim em geometrias tabulares/estratiformes (Zhou & Bai 1992).

#### 2.4.1.1 Cromititos Podiformes

Os corpos de cromitito podiforme são concentrações lenticulares de cromita que ocorrem em peridotitos do tipo alpino (Thayer 1969 e referências citadas). Tais corpos são encaixados por litotipos duníticos, lentes de dunito rodeadas por harzburgitos, harzburgitos associados a dunitos, ou harzburgitos com frequentes lentes de dunito e diques de gabro. Estes depósitos de cromita foram formados próximos ao limite crosta-manto, de acordo com a seção ofiolítica idealizada (Paktunc 1990). Possuem geometria irregular, sendo lenticulares, em forma de veios ou tabulares. O minério é maciço, disseminado, nodular e bandado, podendo esporadicamente exibir dobras simples com as rochas encaixantes, sendo majoritariamente

concordante com a foliação das mesmas. O contato entre o minério e as encaixantes pode ser abrupto ou gradacional, com a diminuição da presença de cromita a medida que se afasta do corpo (Zhou & Bai 1992).

#### 2.4.1.2 Cromititos Estratiformes

Camadas de cromitito presentes em intrusões máfica-ultramáficas estratificadas são testemunhos de um caso especial de rocha cumulática, na qual a cromita é o único mineral *cumulus* (Ferreira Filho & Araujo 2009). Depósitos estratiformes ligados a intrusões formam complexos máficos/ultramáficos zonados similares aos complexos *Alaskan-type*, que consistem de um núcleo de dunito ladeado por camadas sucessivas de peridotito, olivina piroxenito, magnetita piroxenito e hornblenda piroxenito (Taylor 1967). As rochas encaixantes podem incluir camadas alternadas de norito, gabronorito, dunito, harzburgito, lherzolito, piroxenito, troctolito, anortosito, ortopiroxenito e gabro, sendo que nem todos estes litotipos serão encontrados em cada intrusão estratificada (Schulte *et al.* 2010). No depósito de Gaosi, nordeste de Pequim, a intrusão é formada por dunitos pegmatíticos, de granulação grossa a fina, rodeados por peridotitos com diopsídio e diopsiditos. Os contatos entre os litotipos podem ser gradados ou abruptos. O minério é hospedado por dunitos pegmatíticos, apresentando formas tabulares ou de veios, e consiste de cromita disseminada, maciça e bandada. O minério pode ainda ser brechóide, formado por fragmentos de dunito e cromita preenchendo os interstícios. Nos depósitos intrusivos de Maojia e Zhuling (China) o minério pode apresentar ainda texturas anelares ou concêntricas, que são caracterizadas por agregados subesféricos de cromita fina que envolvem núcleos de serpentina, e que estão imersos numa matriz serpentínica (Zhou & Bai 1992). Tal textura foi também reconhecida em ofiolitos do Cáucaso, sendo então considerada um subtipo de textura nodular (Abovian 1986).

#### 2.4.1.3 Características Químicas

Cromitas de diferentes depósitos apresentam características químicas distintas, podendo ser divididas em três grupos bem definidos: alto cromo, alto alumínio e alto ferro. Aquelas com alto Al e alto Cr ocorrem tipicamente em complexos ofiolíticos, ao passo que, as com alto Fe são, em geral, restritas aos depósitos intrusivos. Os depósitos do tipo Gaosi (intrusivos) apresentam cromitas com alto  $\text{Fe}^{3+}$ , indicando que a intrusão hospedeira pertence

ao tipo *Alaskan*, apesar de mostrarem conteúdos de  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  (40,1-61,4 wt%) maiores do que das cromitas de intrusões do tipo *Alaskan* (<50 wt% - Jan & Windley, 1990). Cromitas de complexos ofiolíticos apresentam teores menores e uniformes de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , e teores mais elevados e variáveis de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (Zhou & Bai 1992).

A distinção de cromitas (quando não alteradas) de depósitos estratiformes e podiformes é geralmente possível através da análise do conteúdo de  $\text{TiO}_2$ . Os primeiros autores a proporem esta divisão baseada nos teores de titânio foram Ferrario & Garuti (1988). Estes autores definiram que, via de regra, as cromitas oriundas de depósitos podiformes apresentam teores de  $\text{TiO}_2 < 0,30$  wt%, enquanto cromitas de depósitos estratiformes mostram teores de  $\text{TiO}_2 > 0,30$  wt%. Tal constatação pode ser embasada no fato de que o Ti é fortemente fracionado no líquido durante a fusão parcial do manto superior (Jan & Windley 1990). Outra forma de diferenciar depósitos podiformes (ofiolíticos) de depósitos do tipo estratiforme (intrusivos) é por meio do teor em  $\text{MnO}_2$ . Segundo Zhou & Bai 1992, aqueles de origem ofiolítica apresentam conteúdos bem menores (0,05-0,19 wt%) de  $\text{MnO}_2$  do que os de caráter intrusivo (0,14-1,36 wt%).

### 3 GEOLOGIA LOCAL

#### 3.1 Litologia e estratigrafia

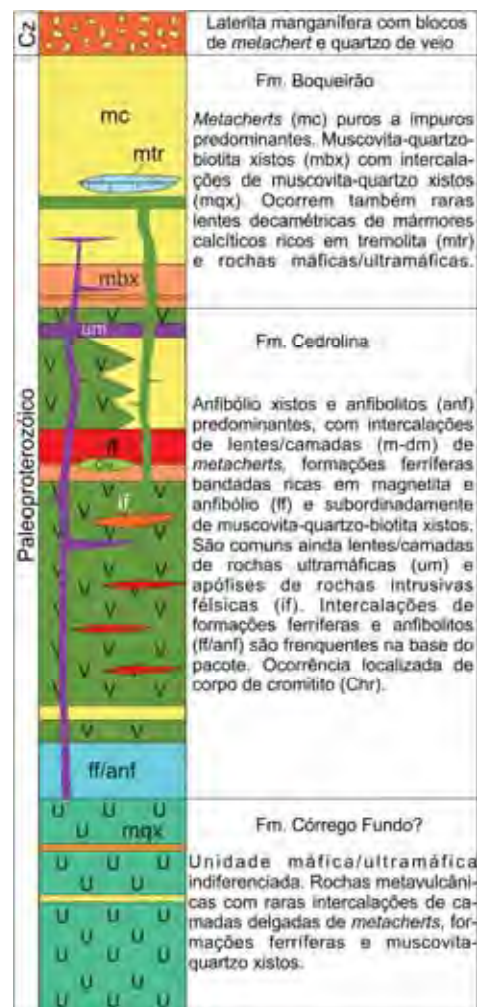
As rochas observadas na área de estudo compreendem um pacote primordialmente metavulcanossedimentar que pode ser dividido em três grupos: metavulcânicas ultramáficas; metavulcânicas máficas; e metassedimentos químicos/clásticos. Tal sucessão apresenta grandes variações laterais e verticais (métricas a quilométricas) de litofácies, nas quais rochas metavulcânicas e metassedimentares frequentemente mostram contatos interdigitados e/ou gradacionais, muitas vezes evidenciados por litotipos de caráter misto (metassedimentos com contribuição máfica ou vulcânicas com contribuição sedimentar). Tal assertiva é também válida dentro das sequências metassedimentares, nas quais quartzitos (*metacherts*) podem gradar tanto lateralmente, quanto verticalmente para formações ferríferas ou ainda para muscovita quartzo (biotita) xistos.

O corpo de cromitito alvo deste estudo localiza-se no centro da poligonal investigada, sendo hospedado por rochas metavulcanossedimentares pertencentes à Formação Cedrolina. O extremo leste da área, por sua vez, é caracterizado por uma região muito pobre em afloramentos, na qual ocorre uma unidade de rochas metavulcânicas máficas/ultramáficas indiferenciadas. Subordinadamente, foram também reconhecidas pequenas ocorrências de intrusões félsicas que se distribuem por toda a área, e que são subconcordantes à foliação regional, muitas vezes formando bolsões caulíníticos (quartzo-feldspáticos) de coloração clara. Menos frequentemente podem ser observadas pequenas lentes de rochas ultramáficas (hornblenda xistos) que usualmente estão associadas a anfibolitos/anfibólio xistos. Sobreposta a estes litotipos ocorre ainda uma extensa crosta laterítica rica em manganês, resultante dos intensos processos de alteração supérgena atuantes na área.

Apesar da região investigada ser bastante plana e arrasada, dificultando o afloramento de rochas frescas, de maneira geral, pôde-se observar que os estratos mostram boa continuidade lateral, o que permitiu ao autor fazer inferências sobre a sua disposição em áreas com escassez de afloramentos. Com relação às unidades descritas na literatura (Ribeiro Filho 1981, Danni *et al.* 1986, Jost & Oliveira 1991, Lacerda 1997), as rochas reconhecidas na área podem ser parcialmente correlacionadas às formações Córrego Fundo, Cedrolina e Boqueirão propostas por Jost & Oliveira 1991. No entanto, é necessário ressaltar que foram notadas algumas diferenças significativas entre as litofácies e espessuras descritas por aqueles autores e as rochas observadas neste trabalho.

O padrão estrutural (Item 3.2) encontrado na área define estratos mergulhando sistematicamente para NW-W, com rochas predominantemente metavulcânicas máficas-ultramáficas na porção leste e central, e rochas metassedimentares químicas/clásticas na porção oeste. Tais características seriam indicativas de um empilhamento estratigráfico (Fig. 3.1) normal para a área, de acordo com a clássica estratigrafia de *greenstone belts* (vulcânicas ultramáficas na base, vulcânicas máficas e pacote sedimentar no topo). Uma descrição mais detalhada das unidades litológicas reconhecidas é provida a seguir, sendo as abreviações de minerais utilizadas segundo Whitney & Evans (2010). O mapa de pontos para a localização dos afloramentos e as fichas de descrição petrográfica podem ser encontrados nos Apêndices B e D, respectivamente.

Fig. 3.1 - Coluna estratigráfica esquemática das imediações do povoado de Cedrolina, Santa Terezinha de Goiás-GO, Greenstone Belt de Pilar de Goiás.



Cz=Cenozóico.

### 3.1.1 Unidade Metavulcânica Máfica/Ultramáfica Indiferenciada (Fm. Córrego Fundo?)

No extremo oeste da área mapeada afloramentos de rocha são praticamente inexistentes. O que se encontra é um relevo muito arrasado, com solo argiloso a argilo-arenoso de coloração avermelhada e blocos até matacões de quartzito (*metachert*) soltos (Fig. 3.2A). Raríssimos afloramentos de chão de *metacherts* ou muscovita-quartzo xistos intercalados com rochas metamáficas/metaultramáficas (Fig. 3.2B) são encontrados, sendo evidência da origem vulcânica destas rochas. Na porção nordeste ocorre ainda uma crosta laterítica rica em manganês (Item 3.1.8), que pode se desenvolver sobre *metacherts* impuros (Fig. 3.2C e D).

*Fig. 3.2 - Litotipos característicos da unidade metavulcânica máfica/ultramáfica indiferenciada.*



*A - Solo argiloso vermelho com blocos de metachert (claro) associados. Ponto CED-119. Visada para E; B - Intercalação de muscovita-quartzo xistos (coloração clara no topo da foto) com rocha metavulcânica máfica/ultramáfica (ocre próxima ao cabo do martelo). Ponto CED-127. Visada para NW; C - Afloramento de chão em estrada de terra composto por metachert impuro que evidencia processos de laterização. Visada para W; D - Detalhe da rocha quartzosa com porções ocre (alteração de material máfico) e negras (óxidos de manganês). Ponto CED-138.*

Foi observado um único afloramento de talco xistos no extremo nordeste da área (Ponto CED-140), e que sozinho não é suficiente para a discriminação da unidade como sendo principalmente ultramáfica, sendo entendido com uma lente. Devido à falta de afloramentos, as informações coletadas não bastaram para correlacionar com segurança esta unidade à Fm. Córrego Fundo, apesar de ambas apresentarem diversas semelhanças.

### 3.1.2 Metavulcânicas Ultramáficas

Esta unidade é caracterizada principalmente por lentes de extensão decamétrica a algumas centenas de metros, com espessuras de dezenas de metros, e camadas lateralmente contínuas (até ~1,5 km) de clorita-talco xistos e talco-clorita-anfibólio xistos que se dispõem concordantemente à foliação principal (Sn). Estes corpos ultramáficos ocorrem em qualquer nível estratigráfico, se distribuindo por toda a área estudada. As rochas são compostas basicamente por cristais placóides de talco que definem a foliação principal, e localmente podem conter anfibólio ferro-magnesiano (cummingtonita), clorita e, em menor proporção, minerais aluminosos (alofana e gibbsita). Observa-se que a clorita é produto de alteração dos anfibólios (Apêndice D - Lâmina CED-169, Fig. 1A), e os minerais aluminosos (Apêndice D - Lâmina CED-169, Fig. 1B), por sua vez, são resultado da alteração supérgena da clorita. Cristais finos a médios, euhedrais a subhedrais (Apêndice D - Lâmina CED-140A, Fig. 1) e porfiroblastos de magnetita rica em cromo e ilmenita (Apêndice D - Lâmina CED-169, Fig. 1B) são extremamente comuns. Os porfiroblastos maiores apresentam mais cromo que os cristais menores, o que poderia atestar que eram anteriormente cromitas, agora quase totalmente alteradas para magnetitas ricas em cromo ou ferritcromitas. Parte do Cr teria sido incorporado ao retículo cristalino das cloritas.

As texturas reconhecidas são, portanto, pórfiro-lepidoblásticas nos clorita talco xistos e pórfiro-lepido-nematoblásticas nos talco-clorita-anfibólio xistos. A presença de anfibólio ferro-magnesiano e talco é indicativa de que os protólitos de tais rochas eram mais provavelmente magmas de composição piroxenítica a peridotítica. Como minerais acessórios podem ser encontrados traços de baddeleyita, zircão, calcopirita, pirita, pentlandita, esfalerita, barita, columbita, rutilo, huttonita e cassiterita. Foram ainda localmente reconhecidos raros xenocristais de quartzo e albita (Apêndice D - Lâmina CED-140A, Fig. 1) imersos na matriz rica em talco. A ocorrência destes xenocristais, bem como de minerais acessórios como baddeleyita, zircão, columbita e huttonita podem ser consideradas fortes evidências de alteração metamórfica/hidrotermal tardia, resultante da percolação de fluídos ricos em sílica e elementos incompatíveis (Zr, Nb, Th e etc).

Os litotipos pertencentes a esta unidade apresentam muitas vezes crenulações bem marcadas pertencentes a fases pós-Dn (Fig. 3.28) devido a sua menor competência frente à deformação. Em decorrência da grande susceptibilidade ao intemperismo e erosão, tais rochas mostram-se sempre em estado avançado de alteração, apresentando cores amareladas,

alaranjandas a avermelhadas, sendo sua forma mais comum de ocorrência blocos rolados, e raramente afloramentos de chão (Fig. 3.3). Morfologicamente estruturam relevos suaves e arrasados, com solo tipicamente argiloso vermelho.

*Fig. 3.3 - Afloramento de chão de talco-clorita-anfibólio xisto com solo argiloso vermelho associado.*

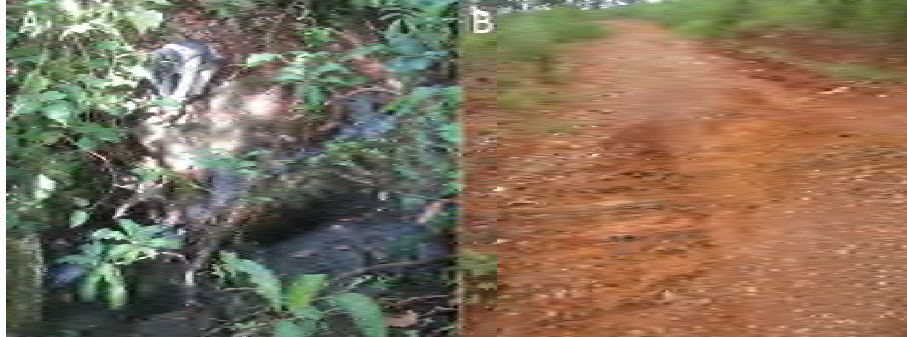


*Ponto CED-169. Vista em planta.*

### 3.1.3 Metavulcânicas Máficas (Fm. Cedrolina)

Os litotipos característicos deste grupo apresentam a maior extensão em área dentre todas as unidades reconhecidas, compondo a quase totalidade do segmento central da poligonal investigada. São tipicamente anfibólio xistos com variadas proporções de cummingtonita-grunerita e Fe-hornblenda, quartzo, granada (almandina) e magnetita, além de anfibolitos com ou sem granada. As magnetitas estão muitas vezes sofrendo processo de martitização, sendo que localmente podem ser totalmente substituídas por hematita. Estes processos de alteração também atuaram sobre os anfibólios, liberando ferro e sendo responsáveis pela formação de hidróxidos de ferro. Tais rochas apresentam textura pórfiro-nematoblástica (quando contém fenocristais de granada) a grano-nematoblástica, nas quais os anfibólios definem a foliação principal  $S_n$ . Os protólitos dessas rochas seriam muito provavelmente derrames basálticos com maior ou menor contribuição de sedimentos químicos. Como mineralogia acessória podem conter traços de monazita, zircão, pirita e barita. Quando inalterados apresentam coloração verde escura (Fig. 3.4A), e a medida que tornam-se intemperizados assumem colorações ocre (Fig. 3.4B), alaranjandas e avermelhadas.

*Fig. 3.4 - Diferentes graus de alteração observados em anfibólitos e anfibólio xistos.*



*A - Afloramento de anfibólio xisto de coloração verde escura (rocha sã) na calha do Córrego Sabaru. Ponto CED-245. Visada aproximadamente W; B - Afloramento de chão de granada anfibólio xistos muito alterados (coloração ocre) em estrada de terra na saída do povoado de Cedrolina. Ponto CED-214. Visada para W.*

Intercalações de formações ferríferas bandadas (BIF) e quartzitos (*metacherts*) com teores variáveis de anfibólio (cummingtonita-grunerita), quartzo e magnetita são comuns, caracterizando lentes/camadas milimétricas (Fig. 3.5) até com dezenas a centenas de metros de extensão e espessura.

*Fig. 3.5 - Afloramento em barranco de anfibólio xisto/anfibolito bastante alterado (coloração ocre).*



*Notar a presença de camada milimétrica de metachert (coloração esbranquiçada) intercalado. Ponto CED-203. Visada aproximadamente N.*

Tais rochas frequentemente apresentam bandamento composicional milimétrico (Fig. 3.6) marcado pela alternância de camadas mais quartzosas (claras) e camadas mais ricas em material máfico (avermelhado) que definem So//Sn. Isso seria evidência de que o vulcanismo nunca cessou totalmente durante a precipitação química de sedimentos (*chert*/hidróxidos de Fe), sendo as camadas mais ricas em minerais máficos resultantes da decantação de cinzas vulcânicas em ambiente subaquático. A repetição cíclica de camadas delgadas ora mais

quartzosas, ora mais máficas pode ser entendida como fruto de pulsos vulcânicos sucessivos intercalados à precipitação química de *chert*.

Fig. 3.6 - Amostra de mão de metachert com intercalações milimétricas de camadas avermelhadas ricas em anfibólio (Amp) e camadas claras ricas em quartzo (Qz).



Ponto CED-88. Amostra CED-88B.

Os mesmos processos parecem ter atuado também em grande escala, o que explicaria porque anfibólio xistos e anfibólio-magnetita BIF podem gradar lateral ou verticalmente um para o outro, bem como para quartzitos (*metacherts*) impuros. Desta maneira, os anfibólio xistos seriam possivelmente litofácies próximas aos condutos vulcânicos, onde haveria extravasamento de magma e maior retrabalhamento dos sedimentos circundantes, resultando em rochas vulcânicas máficas com contribuição sedimentar. Afastando-se dos condutos vulcânicos o material máfico chegaria em quantidades cada vez menores, gerando litotipos de caráter misto e rochas sedimentares com grande contribuição máfica (anfibólio-magnetita BIF). Em ambientes mais distais ainda, chegaria apenas um pequeno volume de cinzas vulcânicas, que ao decantarem concomitantemente à precipitação química, formariam *cherts* impuros (com discreta contribuição máfica).

São encontradas ainda camadas métricas a decamétricas lateralmente bastante contínuas de muscovita-quartzo-biotita xistos. Estas rochas seriam atestado de sedimentação pelítica em intervalos de arrefecimento do vulcanismo e de pequeno/ocasional aporte clástico na bacia.

Esta unidade estrutura relevos de colinas suaves e áreas aplainadas, sendo mais comuns afloramentos de chão em estado de alteração avançado, blocos rolados e muito raramente afloramentos de rocha fresca. Quando ocorrem intercalações de BIF ou quartzitos (*metacherts*) são observadas pequenas cristas ou morrotes alinhados que se destacam no relevo arrasado. O solo associado é argiloso a argilo-arenoso de coloração ocre a alaranjada, por vezes, avermelhado.

### 3.1.4 Metassedimentos Químicos/Clásticos (Fm. Boqueirão)

As rochas pertencentes a esta unidade afloram apenas na porção noroeste da área estudada, ocupando os terrenos topograficamente mais elevados da região. A sequência é caracterizada por uma camada basal de muscovita-quartzo-biotita xistos avermelhados (Fig. 3.7) que gradam verticalmente para quartzitos micáceos, e finalmente para quartzitos finos (*metacherts*) relativamente puros (Fig. 3.8).

*Fig. 3.7 - Afloramento de chão em canaleta de estrada de terra.*



*A rocha é um muscovita-quartzo-biotita xisto de coloração avermelhada evidenciando microdobras pós-Dn. CED-184. Visada para N.*

*Fig. 3.8 - Matacão de metachert de coloração acinzentada, granulação muito fina, bastante puro e compacto.*



*As camadas escuras, e que definem uma laminação submilimétrica, contém pequena contribuição de anfibólio, e por esta razão são mais susceptíveis à alteração/erosão. Ponto CED-201. Visada para E.*

O muscovita-quartzo-biotita xisto apresenta ainda uma camada estreita (~5m), porém lateralmente muito persistente, de muscovita-quartzo xisto de coloração amarelada, e que por essa característica foi utilizada como um marco estratigráfico. Os quartzitos são tipicamente de colorações claras a amareladas e granulação fina a grossa (Fig. 3.9), provavelmente devido à recristalização parcial do quartzo sob condições metamórficas. Estas rochas comumente

podem apresentar ainda contribuição máfica, evidenciada por finos intervalos ricos em anfibólio (de coloração alaranjada), caracterizando uma textura granonematoblástica. O solo associado a estes litotipos é, em geral, areno-argiloso, apresentando coloração amarronzada (muscovita-quartzo-biotita xistos) e clara alaranjada (quartzitos e muscovita-quartzo xistos).

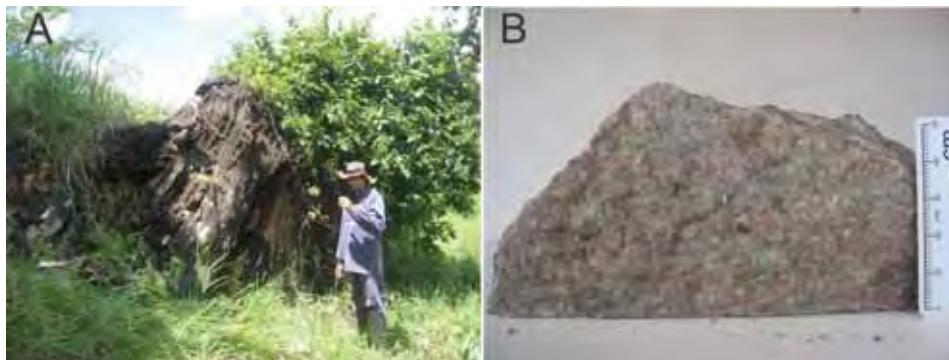
*Fig. 3.9 - Afloramento de chão em estrada de terra de quartzito médio a grosso, bastante puro e com presença de laminações milimétricas alaranjadas (óxidos/hidróxidos de ferro).*



*Ponto CED-186. Visada para W.*

Dentro do pacote de *metacherts* foi observada ainda uma lente de aproximadamente 650 m de extensão e 50 m de espessura de mármore calcínicos ricos em tremolita. Tais rochas afloram na forma de cristas proeminentes (Fig. 3.10A), apresentando coloração clara, amarronzada a levemente esverdeada, com bandas ricas em tremolitas que podem atingir até 2 cm de comprimento (Fig. 3.10B). Próximos à borda oeste da lente, os mármore mostram porções com contribuição quartzosa, tendendo a rochas calciossilicáticas, o que seria indicativo de um contato gradacional com os quartzitos (*metacherts*) sobrepostos. O solo resultante da alteração destas rochas carbonáticas apresenta coloração negra intensa.

*Fig. 3.10 - Fotos de mármore calcínicos ricos em tremolita.*

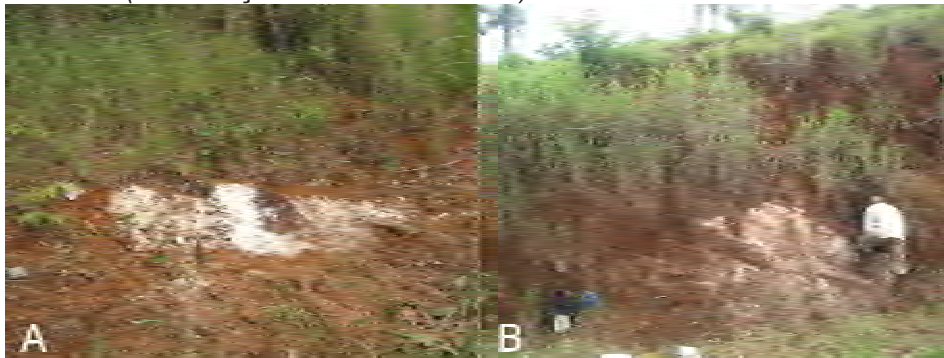


*A - Afloramento de crista métrica que se destaca no relevo. Ponto CED-202. Visada para NE; B - Amostra de mão evidenciando grandes acículas esverdeadas de tremolita. Ponto CED-206.*

### 3.1.5 Intrusivas Félsicas

Esta unidade é caracterizada principalmente por bolsões, lentes e apófises de granitóides que intrudem diversos níveis estratigráficos, se distribuindo por praticamente toda a área. Estas intrusões foram metamorfizadas juntamente com o pacote vulcanossedimentar, caracterizando atualmente gnaisses foliados que se dispõem subconcordantemente à foliação principal Sn, por vezes seccionando os estratos. Tal constatação evidencia que as intrusões são posteriores à formação das rochas do Gr. Pilar de Goiás, e ao mesmo tempo, pré a contemporâneas à fase Dn. A rocha é de coloração clara esbranquiçada, sendo composta basicamente por albita, quartzo e muscovita, caracterizando um leucognaisse. Por vezes podem ser encontradas camadas centimétricas a decimétricas mais ricas em muscovita. A forma de ocorrência mais recorrente são bolsões decimétricos a métricos de coloração branca intensamente alterados, hoje representados por massas cauliniticas que podem conter quartzo e alguma mica associada (Fig. 3.11).

*Fig. 3.11 - Bolsões cauliniticos (de coloração branca) sem continuidade lateral que intrudem anfibólio xistos muito alterados (de coloração ocre a avermelhada).*



*A - Afloramento de chão a ~50m a oeste da GO-154. Ponto CED-94; B - Afloramento no barranco oeste da GO-154. Ponto CED-01. Ambas visadas para W.*

Foi reconhecida apenas uma localidade onde a rocha apresenta-se menos alterada (Ponto CED-97), compondo um corpo principal de ~20m de espessura e pelo menos 200 metros de extensão, que é encaixado por granada anfibólio xistos. Nota-se que este corpo apresenta inúmeras ramificações menos espessas que permeiam as rochas hospedeiras, muitas vezes formando bolsões e vênulas estranguladas. Nas proximidades da intrusão é visível a influência dos gnaisses nos anfibólio xistos, que mostram-se enriquecidos em quartzo, muscovita e, por vezes, podem apresentar xenocristais porfiroblásticos de feldspato. O solo associado a estas intrusões é tipicamente areno-argiloso claro a alaranjado com presença de muscovitas bem desenvolvidas dispersas na superfície.

### 3.1.6 Intrusivas Ultramáficas

Foram reconhecidas algumas ocorrências de rochas ultramáficas que descrevem pequenos corpos (de espessuras métricas a decamétricas e extensão de dezenas de metros) lenticulares, e que são encontrados em vários níveis estratigráficos. Entretanto, tais estruturas parecem ter maior afinidade com pacotes de anfibólio xistos/anfibolitos, apesar de serem encontrados também dentre os metacherts da porção superior da sequência. Podem ser caracterizados como hornblenda xistos (>95% hornblenda) de granulação fina a média, textura nematoblástica, bastante tenazes/compactos, e que podem exibir ou não foliação metamórfica discreta. Este fato, aliado à preservação de hornblenda como o principal mineral constituinte da rocha, levou o autor a supor que o magma pretérito não chegou a extravasar em ambiente subaquático, já que a hidratação e o posterior metamorfismo teriam mais provavelmente transformado toda a hornblenda em filossilicatos. Por estes motivos tais litotipos foram interpretados como intrusões ultramáficas tardias, associadas a pulsos magmáticos desenvolvidos após a sedimentação do Gr. Pilar de Goiás e possivelmente pré a tardi-Dn. A rocha quando inalterada apresenta coloração verde escura intensa (Fig. 3.12), e à medida que se torna intemperizada assume cores amareladas a avermelhadas, devido à hidratação e consequente desenvolvimento de minerais micáceos. O solo associado é argiloso de colorações também amareladas a avermelhadas. O protólito destas rochas era muito provavelmente magmas de composição piroxenítica.

*Fig. 3.12 - Afloramento em pequena grotá onde há uma nascente.*



*A linha tracejada preta indica o contato solo/rocha aproximado. Notar a coloração verde escura dos hornblenda xistos menos alterados e o solo argiloso amarelado-avermelhado com fragmento líticos sobreposto. Ponto CED-67. Visada aproximadamente N.*

### 3.1.7 O Cromitito de Cedrolina

#### 3.1.7.1 Aspectos Gerais

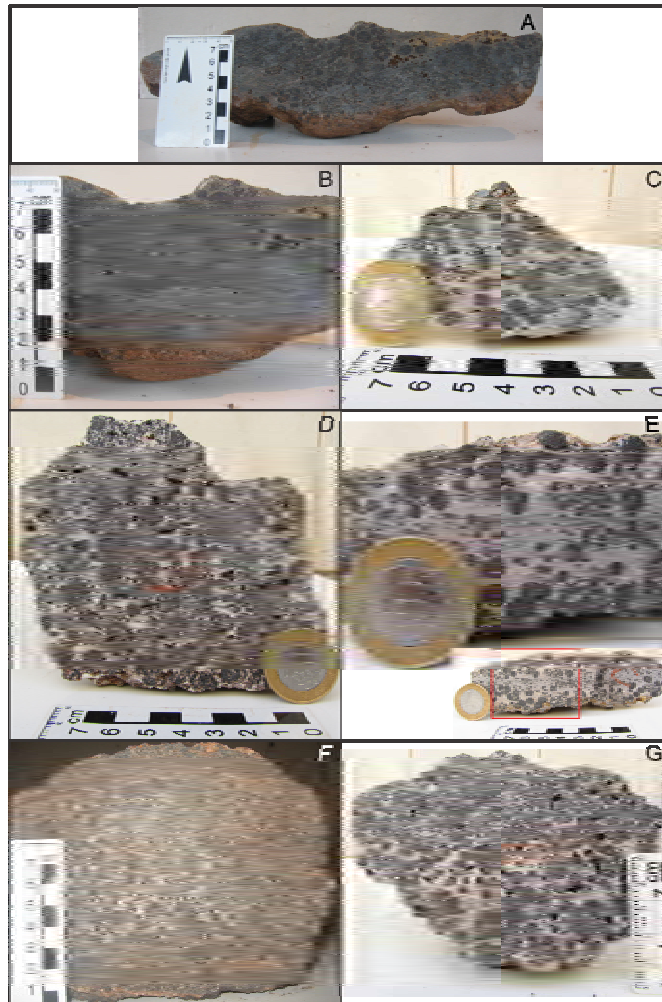
O cromitito alvo deste trabalho localiza-se na porção central da área investigada, 650m a sul do perímetro urbano do povoado de Cedrolina, nas margens da rodovia estadual GO-154 (vide Apêndice 1 - Mapa Geológico). O corpo está hospedado por talco xistos de coloração clara a creme, apresentando geometria tabular e formato elíptico de pequenas dimensões, com o eixo maior (NE-SW) de ~230m e o eixo menor (NW-SE) ~100m, e espessuras que variam de 1-2,4m (1,5m em média). Este conjunto de rochas ultramáficas foi metamorfozizado, deformado e intensamente intemperizado juntamente com suas rochas encaixantes, respectivamente muscovita-quartzo-biotita xistos (na base) e anfibólio-magnetita BIF (no topo). Os cromititos apresentam foliação metamórfica discreta a proeminente caracterizada por uma xistosidade marcada pelos silicatos orientados da matriz (talco e clorita), e subordinadamente, por nódulos de cromita que foram deformados para elipsóides e estirados. Tal foliação é concordante à foliação principal (Sn) observada nas rochas encaixantes, mergulhando suavemente (20-30°) para noroeste (vide Apêndice A). Este fato prova que os cromititos foram definitivamente afetados pela fase Dn, sendo portanto, pré a sin-Dn.

A rocha menos alterada apresenta matriz de coloração verde escura (Fig. 3.13A e B) a verde azulada (Fig. 3.13C) com nódulos pretos (cromita), e a medida que se torna intemperizada, assume colorações esbranquiçadas (Fig. 3.13D), acinzentadas (Fig. 3.13E) e localmente avermelhadas/rosadas (Fig. 3.13F e G). Os cromititos são compostos basicamente por 40-70% em volume de cromita (em média ~50%), 14-55% de talco (em média ~30%), 3-60% de clorita rica em cromo (em média ~20%), traços até 4% de hidróxidos de Fe (em média ~0,7%) e traços até 3% de rutilo (em média ~1,5%), sendo, portanto caracterizados como cromititos disseminados. A textura da rocha é tipicamente pórfiro-lepidoblástica (Fig. 3.13), na qual os nódulos de cromita podem apresentar diâmetros de 0,3-1,5 cm (em média 1cm) caracterizando fenocristais inseridos numa matriz de minerais placóides (talco e clorita) que definem a foliação Sn.

Devido ao extenso processo de metamorfismo e alteração sofrido pela rocha, nenhum mineral primário reliquiar (piroxênio, olivina) foi encontrado, sendo o cromitito composto principalmente por uma matriz de minerais metamórficos (talco e clorita) e cromita. Foram observados, no entanto, raríssimos cristais de hornblenda inclusos na cromita (Apêndice C) que seriam os primeiros produtos metamórficos da assembléia magmática (piroxênio).

Constatou-se também que o talco é produto da alteração das cloritas, que por sua vez, são mais provavelmente resultado da alteração de hornblendas (não mais encontradas na matriz). Assumindo-se então que a matriz era majoritariamente composta por clorita (alteração de hornblenda), é possível especular que o magma pretérito era provavelmente de composição piroxenítica. O contínuo processo de alteração/metamorfismo foi também responsável pela transformação local da clorita em minerais de alteração ricos em alumínio (alofana, gibbsita), além da formação de carbonatos, fosfatos e hidróxidos de ferro.

*Fig. 3.13 - Fotografias de amostras de mão serradas do cromitito evidenciando diferentes graus de alteração (cores da matriz) e textura pórfiro-lepidoblástica caracterizada pelos nódulos pretos de cromita. A foliação Sn é horizontal às fotos.*



*A e B - Rocha pouco alterada com coloração verde escura. Amostra CED-106A; C - Rocha em estágio inicial de alteração com coloração verde azulada. Amostra CED-100; D - Rocha moderadamente alterada de coloração cinza esbranquiçada. Amostra CED-47C; E - Rocha moderadamente alterada de coloração acinzentada. O retângulo vermelho na foto inferior demarca a região detalhada na foto superior. Amostra CED-105C; F - Rocha bastante alterada de coloração alaranjada a avermelhada. Amostra CED-BP7; G - Rocha bastante alterada com coloração esbranquiçada a rosada. Amostra CED-47B.*

Por estes motivos afloramentos são raros, ocorrendo apenas no talude do corte da GO-154 (Fig. 3.14) e, ainda assim, em estado de alteração avançado. De maneira geral, a forma mais comum de ocorrência dos cromititos são blocos soltos (Fig. 3.15A) e matacões (até 2 m de diâmetro), além de solo marrom escuro a avermelhado com abundância de nódulos de cromita dispersos (Fig. 3.15B-D). O mapeamento do corpo foi realizado principalmente pelo reconhecimento desses blocos e solo típico, sendo suas dimensões em mapa possivelmente ligeiramente superestimadas. Todavia, o relevo extremamente plano encontrado, assim como no restante da área, torna este tipo de abordagem bastante confiável, já que a falta de drenagens ativas e a declividade baixa contribuem para que os blocos soltos permaneçam próximos ao seu *locus* de origem.

Fig. 3.14 - Esquema de afloramento dos cromititos no barranco leste da GO-154.



A - Fotografia do barranco onde afloram no topo os cromititos. O homem tem ~1,7m de altura. O retângulo vermelho indica a área detalhada na foto B. Visada para E; B - Detalhe do afloramento do cromitito (coloração esbranquiçada). O martelo marca o contato dos BIF (abaixo) com os cromititos sobrepostos. Visada para E; C - Desenho esquemático da foto A mostrando a disposição e espessura das camadas, além da localização da amostra CED-47. Corte em perfil aproximadamente N-S. Ponto CED-47.

*Fig. 3.15 - Formas de ocorrência mais comuns do cromitito.*

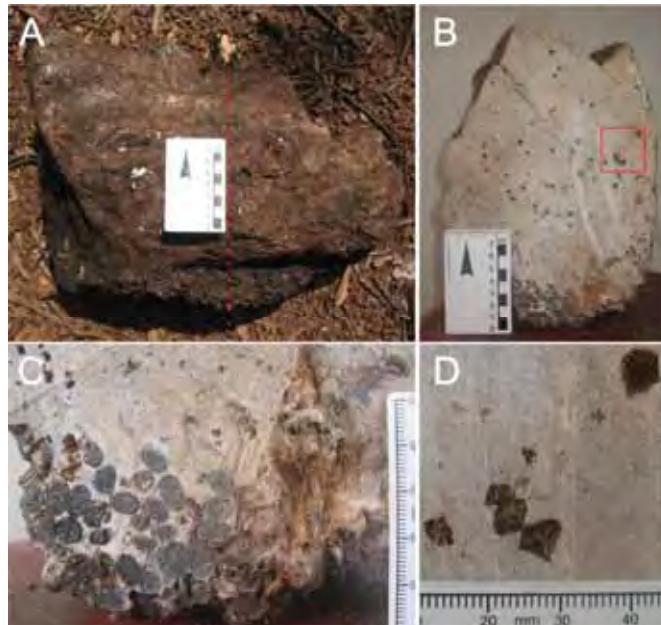


*Encima do barranco oeste da GO-154, a poucos metros da pista. Ponto CED-106. A - Blocos decimétricos de cromitito em estados variados de alteração; B - Vista geral do relevo plano e solo associado ao cromitito; C - Solo argiloso marrom escuro a avermelhado com abundância de nódulos de cromita dispersos; D - Detalhe dos nódulos esféricos a elipsoidais de cromita (até 1,5 cm de diâmetro) extremamente bem arredondados encontrados no solo do cromitito.*

#### *3.1.7.2 A Rocha Hospedeira (Talco Xisto)*

A rocha a qual o cromitito está associado pode ser descrita como um talco xisto com cromita, que apresenta mineralogia básica composta 90% de talco, 5% de cromita, 3% de alofana, 1% de magnetita, 1% de hidróxidos de Fe e ainda traços de gibbsita, clorita, anfibólio e rutilo. O contato entre os talco xistos e os cromititos não foi possível de ser observado em afloramento, porém, blocos rolados caracterizam o mesmo como sendo reto/abrupto (Fig. 3.16) a gradado. A natureza deste contato tão bem definido foi entendida como uma estrutura primária reliquiar, a qual estaria ligada a processos de segregação gravimétrica. Os nódulos de cromita (mais densos) teriam descido através do magma até o fundo da câmara, gerando uma camada basal de cromititos, e uma superior de peridotitos/dunitos compostos por olivina e piroxênio (menos densos), atualmente representada pelos talco xistos. Outra feição encontrada nos talco xistos são cavidades poligonais (1-8mm de diâmetro) preenchidas por hidróxidos de ferro (Fig. 3.16D). Tais cavidades são produtos da alteração supérgena da magnetita que preservaram o formato euedral externo de octaedros (são pseudomorfos), podendo assumir variadas formas geométricas a depender do efeito de corte.

Fig. 3.16 - Bloco evidenciando contato reto e abrupto entre o cromitito e o talco xisto.



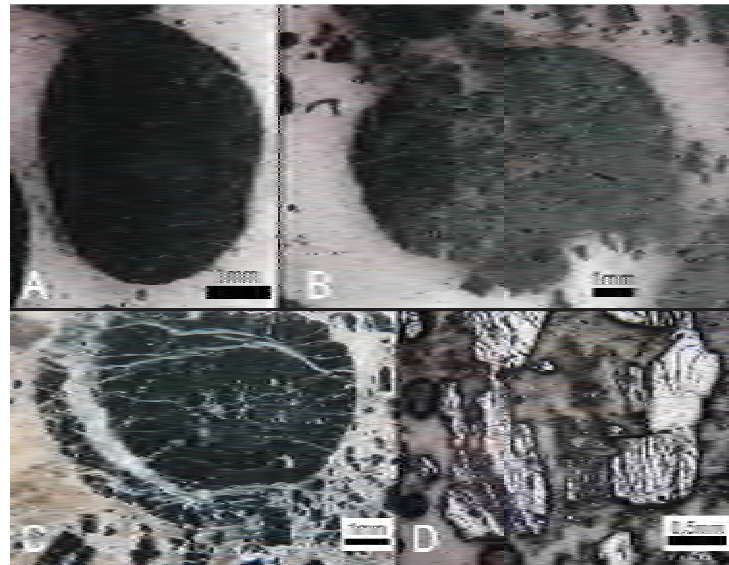
Ponto CED-14. A - Aspecto geral do bloco em campo, com a presença de nódulos de cromita na base. A linha tracejada vermelha indica onde a amostra foi serrada; B - Amostra serrada mostrando os talco xistos (coloração clara-creme) no topo e nódulos (pretos) de cromita na base. O retângulo vermelho indica a área detalhada em D; C - Detalhe do contato talco xisto/cromitito; D - Pseudomorfos poligonais de magnetita preenchidos por hidróxidos de ferro.

### 3.1.7.3 A Cromita

A cromita que compõe o corpo de cromitito estudado ocorre de duas maneiras: 1 - grandes agregados nodulares arredondados; e 2 - cromitas de granulação fina a média subhedrais disseminadas na matriz.

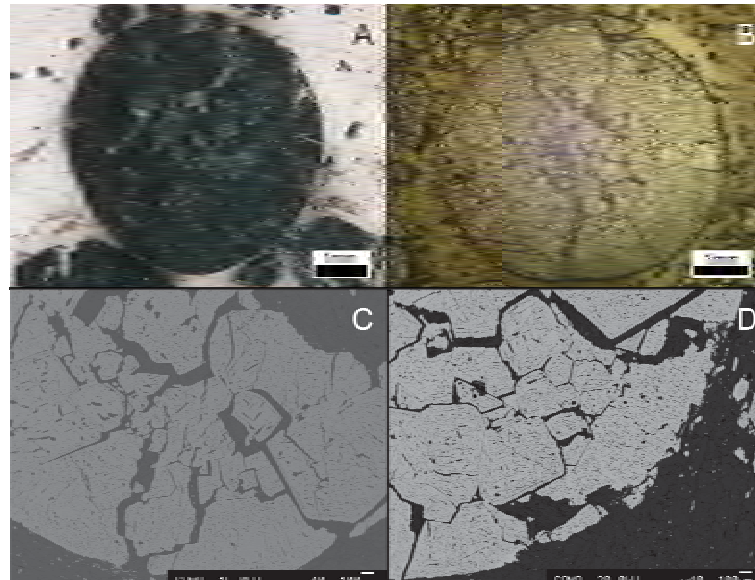
1. Os grandes agregados nodulares de cromita apresentam diâmetro de 0,3-1,5 cm (em média 1 cm) e são extremamente bem arredondados, maciços (Fig. 3.17A) a fraturados e muitas vezes deformados para elipsóides (Fig. 3.17B). Foram observados dois padrões de fraturamento bem definidos, sendo um concêntrico (Fig. 3.17C) e outro radial ao núcleo das orbículas (Fig. 3.18B). Ocasionalmente podem ser também encontrados conjuntos de fraturas paralelas entre si e perpendiculares à foliação principal  $S_n$ , definindo uma textura de cisalhamento (Fig. 3.17D). Quando observados sob o microscópio, nota-se que os agregados possuem bordas bem arredondadas (Fig. 3.18C) a levemente irregulares (Fig. 3.18D), mas em seu interior, estas estruturas evidenciam cristais finos a médios (mm) de cromita que apresentam contatos poligonais retos (euhedrais) entre si (Fig. 3.18).

Fig. 3.17 - Grandes agregados nodulares de cromita.



A foliação Sn é horizontal a todas as imagens. A - Foto de lâmina polida obtida com lupa. Nódulo maciço, esférico e bem arredondado de cromita. Lâmina CED-105C; B - Foto de lâmina polida obtida com lupa. Nódulo de cromita fraturado e deformado para elipsóide. Lâmina CED-105C; C - Foto de lâmina polida obtida com lupa mostrando o padrão de fraturamento concêntrico observado em orbículas de cromita. Lâmina CED-106D; D - Fotomicrografia evidenciando cromitas (claras) com textura de cisalhamento. Luz refletida. Polarizadores paralelos. Lâmina CED-106E.

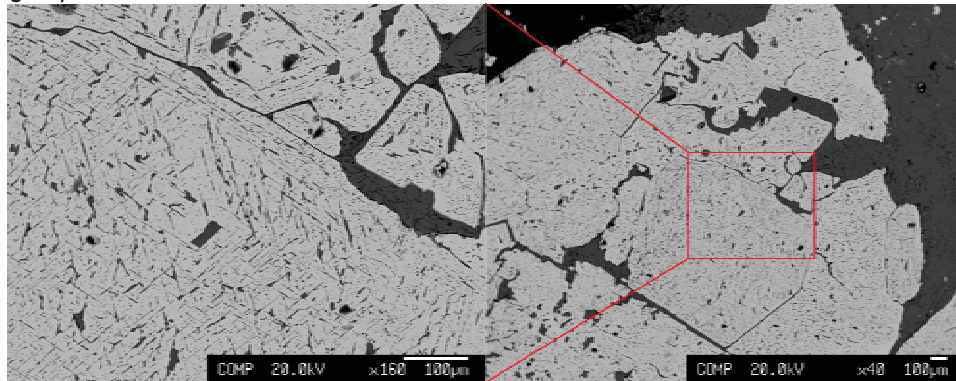
Fig. 3.18 - Agregados esféricos de cromita com bordas bem arredondadas a levemente irregulares, mas que em seu interior evidenciam cristais (mm) que apresentam contatos poligonais retos (euhedrais) entre si.



A - Foto de lâmina polida obtida com lupa. Esfera quase perfeita com 5mm de diâmetro. Lâmina CED-105C; B - Fotomicrografia de esfera levemente deformada e com fraturas radiais ao núcleo. Luz refletida. Polarizadores paralelos. Lâmina CED-12; C e D - Imagens BSE obtidas com microsonda eletrônica que exibem detalhe da borda de grandes agregados de cromita. Respectivamente Lâminas CED-105A e CED-105C; A foliação metamórfica principal Sn é horizontal às imagens.

Tal feição se assemelhada muito à textura típica de rochas cumuláticas, nas quais a precipitação de cristais euhedrais gera um padrão do tipo mosaico. Os agregados podem, porém, apresentar contatos internos bem marcados a tênues, chegando a praticamente desaparecer, caracterizando assim, nódulos de aspecto maciço. Nenhum registro detalhado sobre tal tipo de textura foi encontrado na literatura, sendo esta possivelmente uma variedade ainda não descrita de textura orbicular/nodular. Outra característica notável nos agregados é a enorme quantidade e diversidade (>40 minerais diferentes) de inclusões sólidas (Apêndice 3). Frequentemente as inclusões ripiformes são alinhadas, e parecem seguir padrões ordenados, por vezes apresentando duas ou três direções bem definidas (Fig. 3.19).

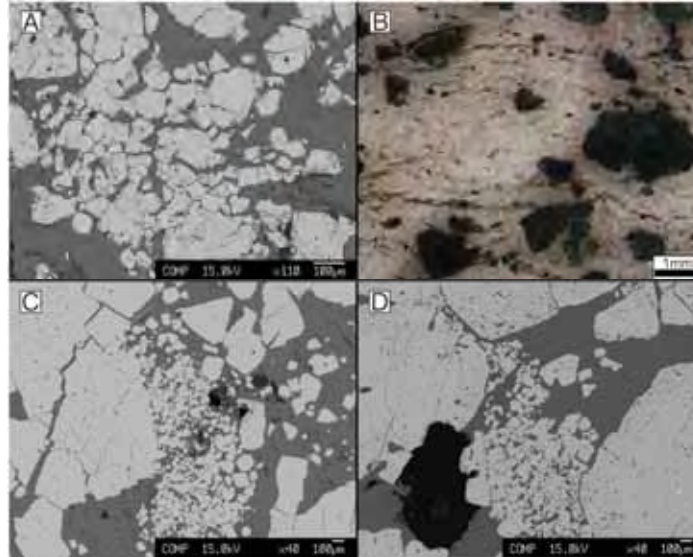
*Fig.3.19 - Imagens BSE obtidas com microsonda eletrônica de inclusões ripiformes alinhadas que parecem seguir padrões ordenados.*



*À direita grande agregado nodular de cromita. À esquerda detalhe da enorme abundância de inclusões sólidas (cinza escuras) ripiformes a prismáticas de kammererita alinhadas segundo três direções que fazem ângulos de aproximadamente 120° entre si. Lâmina CED-105C.*

2. A segunda forma de ocorrência da cromita é menos expressiva em volume na rocha, e pode ser descrita como cromitas subhedrais a anhedrais (Fig. 3.20A) de granulação muito fina a média que encontram-se dispersas na matriz. Observou-se que grande parte destes cristais são produto da fragmentação dos agregados nodulares (Fig. 3.20B-D) e, muitas vezes, encontram-se alinhados segundo a direção da foliação principal Sn (Fig. 3.20B). Estas constatações são entendidas como forte evidência de que os cristais dispersos na matriz constituíam os agregados, muito provavelmente sendo previamente euhedrais a subhedrais e caracterizando assim, contatos poligonais retos entre si (Fig. 3.18). A presença de trilhas de fragmentos de cromita alinhados segundo Sn (Fig. 3.20B) prova ainda que a fase Dn foi a maior responsável pelo fraturamento dos agregados.

*Fig. 3.20 - Cromitas subhedrais a anhedrais de granulação fina a média que encontram-se dispersas na matriz.*



*A - Imagem BSE obtida com microsonda eletrônica que mostra cristais subhedrais a anhedrais de cromita (cinza claro) imersos na matriz silicática composta por talco e clorita (cinza escuro). Lâmina CED-106D; B - Foto de lâmina polida obtida com lupa que registra trilhas de fragmentos submilimétricos a milimétricos de cromita (coloração preta) contidos na foliação principal Sn (horizontal à foto). Lâmina CED-105C; C e D - Imagens BSE obtidas com microsonda eletrônica evidenciando a individualização de cristais subhedrais de cromita (cinza claro) a partir da fragmentação dos grandes agregados. Lâminas CED-106D e 47A, respectivamente.*

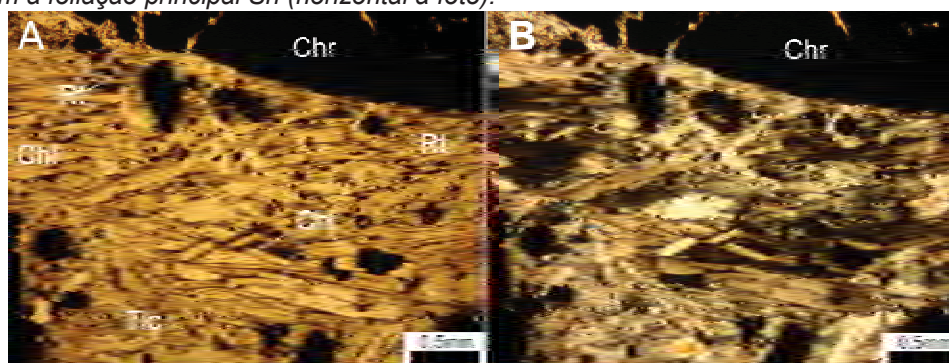
#### 3.1.7.4 A Matriz

A matriz do cromitito é composta basicamente por diferentes proporções de clorita rica em cromo (kammererita) e talco, dependendo do estado de alteração da rocha. Nas amostras mais preservadas a matriz apresenta em torno de 75% de clorita e 25% de talco, ao passo que, em amostras muito alteradas são encontrados teores de até 95% de talco, e apenas traços a 5% de clorita. O processo de alteração da clorita para o talco é observado em diversos graus (Fig. 3.21), que vão desde finas fibras de talco paralelas à clivagem dentro da clorita, até a sua substituição lateral completa.

A clorita ocorre principalmente como cristais tabulares ou ripiformes de granulação grossa (raramente finos a médios) e que estão orientados definindo a foliação principal Sn (Fig. 3.21). Frequentemente apresentam pleocroísmo discreto a pronunciado que varia de incolor-amarelado-esverdeado a castanho claro-amarronzado. Em amostras muito alteradas, a clorita aparece apenas como cristais reliquias em estado de alteração muito avançado, mas que ainda preservam a atitude da foliação. Muitas vezes os cristais alterados apresentam

abundância de exsoluções alongadas de magnetita encaixadas nas clivagens da clorita, evidenciando processos de alteração da mesma.

*Fig. 3.21 - Fotomicrografias da matriz composta basicamente por ripas de clorita de granulação grossa que marcam a foliação principal Sn (horizontal à foto).*

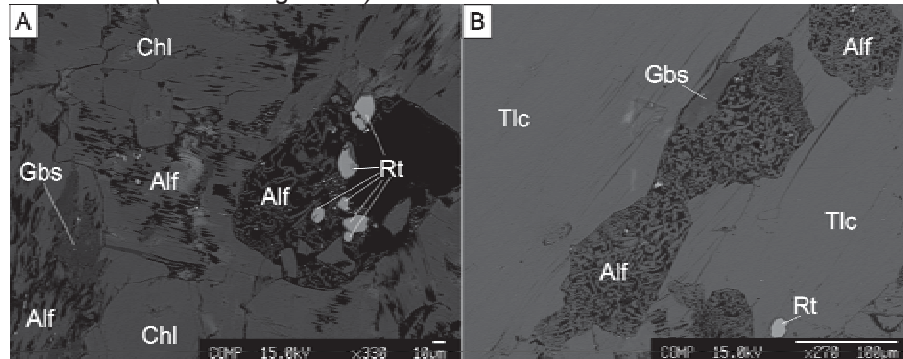


*No canto sudoeste da foto pode ser observada uma massa fina a média de cristais fibrosos de talco de alteração. Na foto B é possível notar ainda a substituição lateral da clorita (cor de interferência baixa) por talco (cores de interferência altas). No norte da foto observa-se um grande agregado de cromita, sendo os demais minerais opacos fragmentos de cromo espinélio. Luz transmitida. Lâmina CED-100. A - Polarizadores paralelos; B - Polarizadores cruzados. Abreviações: Chl = clorita, Chr = cromita, Rt = rutilo, Tlc = talco.*

O talco, por sua vez, é encontrado como cristais tabulares ou ripiformes de granulação fina a grossa, ou ainda como massas e/ou agregados fibrosos de granulação fina (Fig. 3.21), e que diversas vezes apresentam crescimento radial. Estas massas fibrosas são usualmente encontradas nas bordas, ou preenchendo fraturas ao longo dos agregados de cromita, estando associadas a zonas intensamente alteradas.

Outros importantes componentes são hidróxidos de ferro e rutilo, que podem representar juntos até 10% da matriz. Os hidróxidos de ferro formam massas amorfas e agregados avermelhados que se concentram nas bordas e ao redor dos cristais de clorita, magnetita e talco. O rutilo apresenta-se disseminado, e será abordado em detalhe no item 3.1.7.5 a seguir. Com relevância em volume muito menor, traços de alofana e gibbsita (Fig. 3.22) podem ser também observados, sendo a sua presença atestado da alteração progressiva da clorita para alofana, e em último grau para gibbsita. A alofana forma massas de até 400µm compostas por agregados vermiformes (Fig. 3.22B) que podem estar estirados, ou não, segundo as clivagens das clorita/talco, e a gibbsita compõe massas homogêneas com superfície de aspecto liso (Fig. 3.22). Tal associação pode ser observada apenas localmente, não ocorrendo em todas as amostras. Além destas, mais de 20 diferentes espécies minerais podem ser encontradas na matriz do cromitito (Apêndice C).

Fig. 3.22 - Imagens BSE obtidas com microsonda eletrônica mostrando detalhes da alteração da matriz para minerais aluminosos (alofana e gibbsita). Lâmina CED-12.



A - Grandes placas de clorita sendo alteradas para alofana e gibbsita; B - Grande agregado de alofana vermiforme que acompanha a direção de clivagem do talco (ao fundo). Abreviações: Alf = alofana, Chl = clorita, Gbs = gibbsita, Rt = rutilo, Tlc = talco.

### 3.1.7.5 O Rutilo

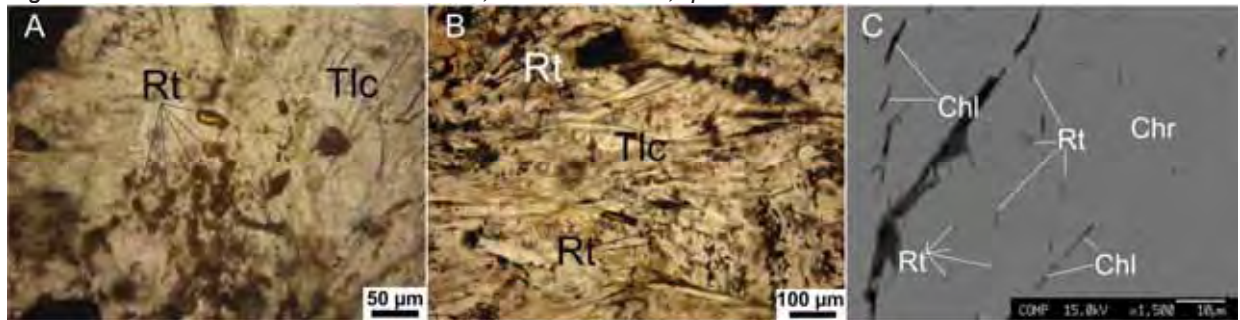
Apesar de ser também um mineral acessório do cromitito, o rutilo ganha aqui destaque devido a sua fundamental importância dentro do sistema ultramáfico estudado. O teor de óxido de titânio contido nas cromitas é um fator chave para a determinação da origem do magma parental da rocha, sendo a sua dispersão no sistema de suma importância.

Os rutilos são encontrados em praticamente todas as amostras do cromitito, incluindo o cromo espinélio, dispersos na matriz, ou ainda no contato cromita/matriz, ocorrendo trivialmente na forma de prismas, bastonetes, grânulos (Fig. 3.23) e mais raramente com formas irregulares. Tais minerais apresentam coloração amarelada, alaranjada a avermelhada (Fig. 3.23A e B), e muita vezes podem ser encontrados aglomerados com hidróxidos de ferro associados.

Os cristais encontrados no interior das cromitas caracterizam microinclusões (até 10 µm) com formas prismáticas, podendo ser localmente muito abundantes (Fig. 3.23C). Já os cristais livres na matriz ou na interface cromita/matriz são tipicamente maiores, variando de algumas dezenas até mais de quase 300µm de comprimento, sendo frequentemente orientados concordantemente à foliação principal Sn (Fig. 3.23B).

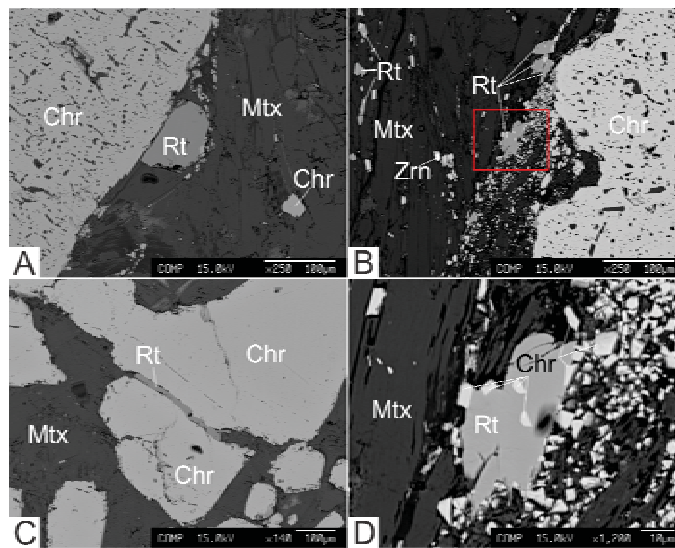
Ressalta-se todavia, que os maiores cristais (>100µm de comprimento) apresentam formas irregulares, ocorrendo na interface cromita/matriz (Fig. 3.24A), nas proximidades de grandes nódulos de cromita (Fig. 3.24B) ou ainda preenchendo fraturas em cristais de cromo espinélio (Fig. 3.24C). Estes cristais porfiroblásticos ocasionalmente podem conter microinclusões de fragmentos de cromitas (Fig. 3.24B e D), o que indica que o rutilo é produto de sobrecrecimento metamórfico.

Fig. 3.23 - Formas de ocorrência de rutilo, tanto na matriz, quanto inclusos em cromita.



A - Fotomicrografia mostrando agregado de bastonetes e grânulos de rutilo amarelados a avermelhados. A matriz é principalmente talco. Luz transmitida. Polarizadores paralelos. Lâmina CED-47A; B - Fotomicrografia que evidencia prismas de rutilo amarelados estirados segundo a foliação principal Sn (horizontal à foto). Luz transmitida. Polarizadores paralelos. Lâmina CED-105B; C - Imagem BSE obtida com microsonda eletrônica. Abundância de microinclusões (<10 µm) de prismas e ripas de rutilo (cinza chumbo) e clorita (preto) em cromita (fundo cinza claro). Lâmina CED-106E. Abreviações: Chl = clorita, Chr = cromita, Rt = rutilo, Tlc = talco.

Fig. 3.24 - Imagens BSE obtidas com microsonda eletrônica evidenciando a relação rutilo-cromita.



A - Cristal irregular de rutilo que ocorre na interface cromita/matriz. Lâmina CED-105B; B - Porfiroblastos de rutilo orientados segundo Sn (vertical à foto) que apresentam inclusões de fragmentos de cromita, ocorrendo próximos à borda de grande agregado de cromo espinélio. O retângulo vermelho indica a área detalhada em D. Lâmina CED-105B; C - Megacristal de rutilo alongado (~300 µm) que preenche fratura entre dois porfiroblastos de cromita. Lâmina CED-100; D - Detalhe de porfiroblasto de rutilo com diversas microinclusões de fragmentos de cromita. Lâmina CED-105B. Abreviações: Chr = cromita, Mtx = matriz, Rt = rutilo, Zrn = zircão.

A constatação de megacristais de rutilo com formas anômalas/irregulares preenchendo fraturas dentro do cromo espinélio, e a presença de microinclusões de fragmentos de cromita em cristais de rutilo são provas irrefutáveis de que a cristalização do rutilo é posterior à precipitação do cromo espinélio. Complementarmente, a associação espacial entre os maiores

porfiroblastos e a interface cromita/matriz, bem como as análises químicas de rutilo (Item 4.3) que apontam teores médios de 2,77 wt% de  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ , provam que estes minerais tem sua origem ligada a exsoluções de titânio a partir das cromitas. Tais processos estão associados ao metamorfismo sofrido pela rocha, que remobilizou o Ti contido no cromo espinélio, gerando em parte microinclusões de rutilo (na cromita) e carreando grande quantidade de titânio para as bordas dos agregados (onde se formaram os maiores cristais de rutilo) e para a matriz. O fato de que os prismas e cristais de rutilo estão quase sempre orientados segundo a foliação principal  $\text{Sn}$ , sugere ainda que a exsolução de titânio a partir das cromitas é resultado do metamorfismo associado à fase Dn, sendo portanto, os rutilos minerais metamórficos tardios sin-Dn.

#### 3.1.7.6 Mineralogia Acessória

Com auxílio do microscópio eletrônico (SEM) e da microsonda eletrônica "Superprobe Jeol JXA 8200" foram reconhecidas mais de 45 diferentes fases minerais acessórias presentes no cromitito, representadas por silicatos, sulfetos, sulfatos, carbonatos, fosfatos, óxidos, hidróxidos, associações de metais nobres, minerais do grupo da platina (PGM), entre outros. Os minerais observados normalmente representam apenas concentrações em traços na rocha, e podem estar inclusos tanto no cromo espinélio, quanto nos minerais da matriz (principalmente a clorita), sendo os resultados obtidos sumarizados no Apêndice C.

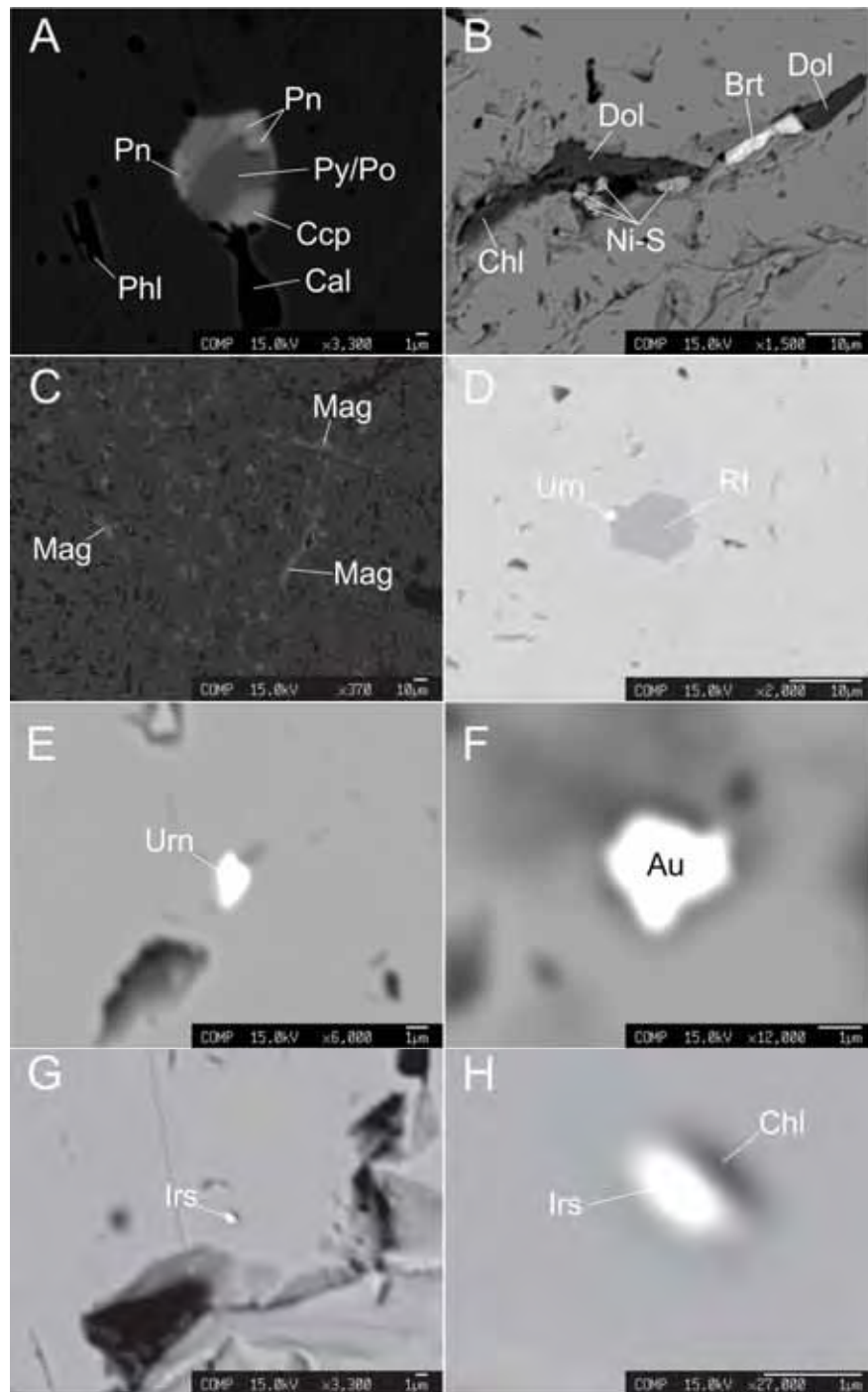
Devido às análises terem sido efetuadas tanto através do sistema EDS (qualitativas), quanto WDS (quantitativas), os minerais estudados por meio daquele sistema apresentam um grau de incerteza na identificação, que apesar de pequeno, deve ser considerado. Fases minerais que não puderam ser identificadas foram denominadas genericamente (e.g. "sulfeto de níquel"), ou foram apresentados os possíveis minerais que poderiam corresponder àquela composição química observada (e.g. pirita/pirrotita).

Os minerais que incluem a cromita (>40) apresentam formatos poligonais a amorfos, com dimensões que variam de  $0,5\mu\text{m}$  até  $\sim 100\mu\text{m}$  de diâmetro, sendo a grande maioria das inclusões inferior a  $10\mu\text{m}$  (Fig. 3.23). Alguns exemplos dessas inclusões podem ser observados na figura 3.25 abaixo. As fases mais usuais de serem encontradas são ripas de clorita (kammererita), talco, barita, rutilo, dolomita e ainda pequenas ocorrências irregulares de uraninita, tiemanita, sulfeto de níquel e exsoluções de magnetita (Fig. 25C). Tais espécies minerais podem ocorrer sozinhas ou caracterizando associações de duas ou mais fases (Fig. 3.25A-D). Algumas das associações mais encontradas são barita e dolomita (Fig. 3.25B), rutilo

e uraninita (Fig.3.25D) e sulfeto de níquel e clorita (Fig. 3.25C). Dentre os minerais de metais nobres, podem ser encontrados ouro nativo (Fig. 3.25F), argentita e irarsita (Fig. 3.25G e H).

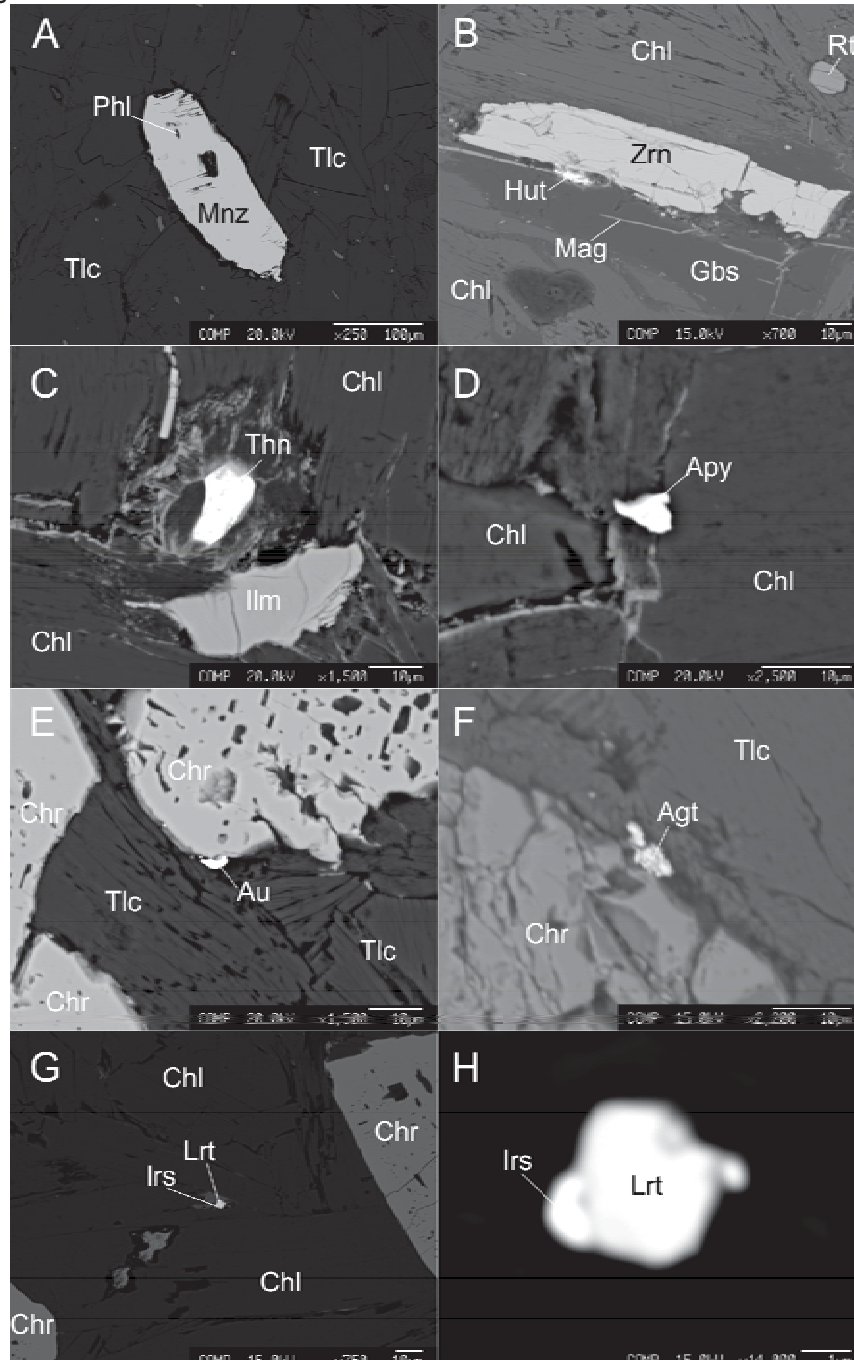
Já os minerais que incluem a matriz (>20) são tipicamente maiores, apresentando formatos irregulares a prismáticos e variando de poucos microns até >200µm (Fig. 3.26A). As espécies minerais mais comumente encontradas na matriz podem ser citadas, em ordem decrescente de abundância, da seguinte forma: hidróxidos de ferro (até 4%); rutilo (até 3%); zircão (Fig. 3.26B); calcopirita; magnetita (Fig. 3.26B); barita; thorianita (Fig. 3.26C); monazita (Fig. 3.26A); esfalerita; e arsenopirita (Fig. 3.26D); sendo alguns exemplos ilustrados na figura 3.26. Uma descrição detalhada da química mineral das monazitas de Cedrolina pode ser encontrada em Zaccarini *et al.* (*in press*), artigo do qual o relator deste trabalho é o segundo autor. Quanto aos minerais de metais nobres, podem ser encontrados ouro nativo (Fig. 3.26E), argentita (Fig. 3.26F), irarsita e laurita (Fig. 3.26G e H). A grande quantidade de zircão, thorianita, uraninita e monazita indica que a rocha foi extremamente enriquecida em elementos incompatíveis (Zr, Th, U e elementos terras raras). Estes elementos não competem ao sistema ultramáfico ligado à formação do cromitito e, portanto, são evidência da percolação de fluidos hidrotermais tardios altamente diferenciados.

Fig. 3.25 - Imagens BSE obtidas com microsonda eletrônica de espécies minerais inclusas na cromita.



A - Associação de sulfetos de Fe, Cu e Ni. Lâmina CED-100; B - Associação de sulfatos, carbonatos, silicatos e sulfetos. Lâmina CED-47C; C - Exsoluções (claras) de magnetita. Lâmina CED-12; D - Associação de rutilo e uraninita. Lâmina CED-47C; E - Inclusão de uraninita (~1 µm). Lâmina CED-105B; F - Inclusão de ouro nativo puro. Lâmina CED-12; G - Inclusão de irarsita (PGM). Lâmina CED-100; H - Detalhe de G. Abreviações: Au = ouro, Brt = barita, Cal = calcita, Ccp = calcopirita, Chl = clorita, Dol = dolomita, Irs = irarsita, Mag = magnetita, Ni-S = sulfeto de níquel, Phl = flogopita, Po = pirrotita, Pn = pentlandita, Rt = rutilo, Urn = uraninita.

Fig. 3.26 - Imagens BSE obtidas com microsonda eletrônica de minerais encontrados na matriz.



A - Megacrystal de monazita (>200  $\mu\text{m}$ ) com pequena inclusão de flogopita. Lâmina CED-105C; B - Megacrystal de zircão com huttonita associada. A massa cinza escura ao redor do zircão é gibbsita com finas bandas de magnetita (cinza claro). Lâmina CED-105B; C - Cristais de thorianita e ilmenita. Lâmina CED-106A2; D - Cristal de arsenopirita. Lâmina CED-106A2; E - Cristal de ouro nativo puro na interface cromita/matriz. Lâmina CED-105C; F - Cristal de argentita na interface cromita/matriz. Lâmina CED-47C; G - Associação dos PGM laurita e irarsita. Lâmina CED-Nelson1; H - Detalhe de G. Abreviações: Agt = argentita, Apy = arsenopirita, Au = ouro, Chl = clorita, Chr = cromita, Gbs = gibbsita, Hut = huttonita, Ilm = ilmenita, Irs = irarsita, Lrt = laurita, Mag = magnetita, Mnz = monazita, Phl = flogopita, Rt = rutilo, Thn = thorianita, Tlc = talco, Zrn = zircão.

### 3.1.8 Laterita Manganífera

Os processos de alteração supérgena que atuaram/atuem na área de estudo foram tão severos que resultaram na formação de um extenso platô laterítico (Fig. 3.27) que ocupa grande parte do nordeste da poligonal investigada. Esta crosta aparentemente mostra-se relativamente espessa (~1m), e cobre principalmente rochas metamáficas/ultramáficas e *metacherts* impuros associados. A rocha é formada por uma matriz rica em óxidos de manganês e, em menor proporção, de ferro, além de clastos angulosos (centimétricos a decimétricos) de quartzo de veio e quartzito/*metachert* (Fig. 3.27). Tais clastos são resquícios de intercalações de lentes/camadas de *metachert* que, devido a sua maior resistência ao intemperismo, ficaram preservados, enquanto as rochas metamáficas/metaultramáficas foram completamente alteradas para massas de óxidos/hidróxidos de Mn e Fe. Tal rocha estrutura relevos extremamente planos, caracterizando áreas muito pobres em afloramentos, com presença apenas de blocos de laterita e/ou *metachert*.

Fig. 3.27 - A - Área aplainada onde ocorrem platôs de laterita manganífera.



Afloramento de laterita manganífera em estrada de terra com presença de blocos angulosos de quartzo de veio e quartzito. Ponto CED-136. Visada para NW.

## 3.2 Geologia estrutural

O arcabouço estrutural da área em questão é representado por camadas com direção NNE-SSW (N10-30E) que apresentam caimento suave a moderado (10-60°) sistematicamente para NW, caracterizando assim, um homoclinal. Tal estruturação é sustentada por uma foliação metamórfica principal Sn (Apêndice E - Fig.1) que está associada a uma fase de deformação Dn. Além desta fase principal, foram reconhecidas outras feições que afetam a foliação Sn, sendo elas relacionadas a pelo menos duas fases tectono-metamórficas tardias, denominadas

Dn+1 e Dn+2. Devido principalmente à falta de afloramentos onde pudessem ser observadas as relações entre ambas fases pós-Dn, não foi possível determinar com segurança a ordem cronológica dos eventos, sendo os índices Dn+1 e Dn+2 meramente ilustrativos. Dentre as estruturas mais comumente reconhecidas figuram micro e macro dobras pós-Dn, e mais raramente macro dobras Dn. Observou-se que as rochas aflorantes encontram-se maciças a pouco fraturadas, não tendo sido encontrados indícios de falhas. Estas constatações apontam para uma deformação primordialmente dúctil, ou pelo menos dúctil-rúptil para a região de Cedrolina.

### 3.2.1 Fase Dn

Esta fase foi a maior responsável pela deformação e metamorfismo das rochas encontradas na área, caracterizando macro dobras fechadas a isoclinais Dn que dobram o acamamento sedimentar reliquiar So (marcado por bandamento composicional em rochas metassedimentares). A estas dobras esta associada uma foliação plano axial Sn que é representada majoritariamente por uma xistosidade bem definida, com atitude média N30E/20NW (Apêndice E - Fig.1). Consequentemente, é possível afirmar que a fase Dn gerou uma foliação metamórfica que é paralela ao acamamento sedimentar reliquiar So (Sn//So). Foi ainda observado que os talco xistos que hospedam o cromitito apresentam dobras isoclinais métricas Dn, o que pode significar que a espessura do mesmo pode estar duplicada com relação à espessura original.

### 3.2.2 Fase Dn+1

A Fase Dn+1 é caracterizada por gerar crenulações apertadas do tipo *kink folds* que afetam a foliação principal Sn (Fig. 3.7 e Fig. 3.28A), apresentando plano axial subvertical de direção aproximadamente NS (N10E/80NW). Estas estruturas formam uma lineação de crenulação (Fig. 3.28B) que é paralela ao eixo Dn+1, e apresenta caimento duplo, ora para SSW ora para NNW (Apêndice E - Fig.2). Esta característica pode ser explicada de duas maneiras: ou o eixo Dn+1 foi dobrado por uma fase de deformação tardia (Dn+2); ou a lineação de crenulação Dn+1 se desenvolveu sobre planos já dobrados. Devido a estes fatos e à falta de afloramentos onde pudessem ser observadas as relações entre as fases pós-Dn, não se pôde determinar com segurança a ordem cronológica dos eventos.

*Fig. 3.28 - Afloramento de chão de clorita-talco xisto fortemente crenulado pela fase Dn+1.*



*Ponto CED-140. Visada aproximadamente S. A - Crenulações Dn+1 do tipo kink folds que afetam a foliação principal Sn que, por sua vez, é marcada pela superfície envoltória (traço branco) destas microdobras; B - Lapiseira indicando a atitude (N190/12) da lineação de crenulação/eixo Dn+1 associada às dobras.*

### 3.2.3 Fase Dn+2

A terceira fase de deformação foi reconhecida por também afetar a foliação metamórfica Sn, gerando dobras abertas a suaves (Fig. 3.29) e ondulações que apresentam plano axial vertical de direção EW, e eixo com caimento para W (Apêndice E - Fig.3). Tais dobras ocorrem tanto em macro, quanto mega escala, sendo as feições de dobras observadas na metade leste da área (Apêndice A) provavelmente associadas a esta fase.

*Fig. 3.29 - Afloramento de chão de granada anfibólio xisto bastante alterado.*



*Macro dobra aberta a suave Dn+2. Ponto CED-87. Visada para E.*

## 4 DADOS ANALÍTICOS

Através das análises de microsonda realizadas na Universidade de Leoben - Áustria compilou-se uma enorme base de dados da química das cromitas, cloritas e rutilos presentes na matriz ou inclusos no cromo espinélio. Cada mineral foi analisado seguindo uma série de padrões específicos, de forma a otimizar a qualidade dos dados e preservar as amostras. As tabelas contendo as análises, as diferentes condições analíticas e os limites de detecção de cada elemento serão posteriormente anexadas em apêndices.

### 4.1 Análises de cromita

Dentre os elementos inicialmente analisados figuram Mg, Na, Ti, Fe<sub>total</sub>, Cr, Al, Ca, V, Mn, Si e K. No decorrer das análises, devido às baixíssimas concentrações, foram posteriormente removidos o sódio, cálcio, silício e potássio, já que estes elementos estavam em concentrações abaixo do limite de detecção na quase totalidade das vezes. Foram realizadas 540 análises pontuais de cromo espinélio, sendo que deste total descartaram-se 30 análises (5,5%), restando assim, 510 análises de excelente qualidade utilizadas na confecção dos diferentes diagramas (vide item 4.1.1) associados à cromita.

As análises foram conduzidas de maneira sistemática, primeiramente guiadas por diferenças de textura dos cristais, os quais foram divididos em dois grupos: 1 - grandes agregados nodulares arredondados; e 2 - cromitas de granulação fina a média subhedrais disseminadas na matriz. Tal procedimento visava discriminar se existia alguma diferença composicional entre os dois tipos texturais, afim de se identificar distintas fases de cristalização de cromo espinélio. Entretanto, logo nas primeiras análises foi possível observar que esta hipótese não se confirmou, já que a composição das cromitas não variava entre os dois grupos texturais.

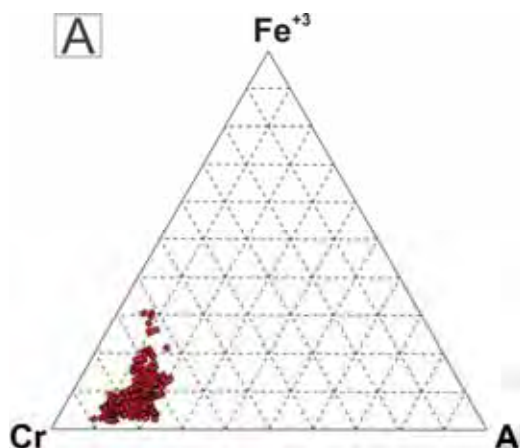
A partir de então, tomou-se por base critérios espaciais, sob os quais foram feitos perfis de análises ao longo do cristais, principalmente nos grandes agregados nodulares, para determinar se haviam padrões de zoneamento composicional (e.g. núcleo com alto Al, bordas de ferritcromita e/ou magnetita). Vale ressaltar que tal zoneamento não havia sido observado sob o microscópio ótico (luz refletida), fato que se confirmou depois das análises provarem que realmente não existe nenhuma estrutura zonada nas cromitas, sendo as mesmas completamente homogêneas quimicamente. É importante, contudo, destacar que existem variações nos teores de óxidos entre as diferentes amostras do cromitito, mas de forma geral, as cromitas de uma mesma amostra são composicionalmente muito similares.

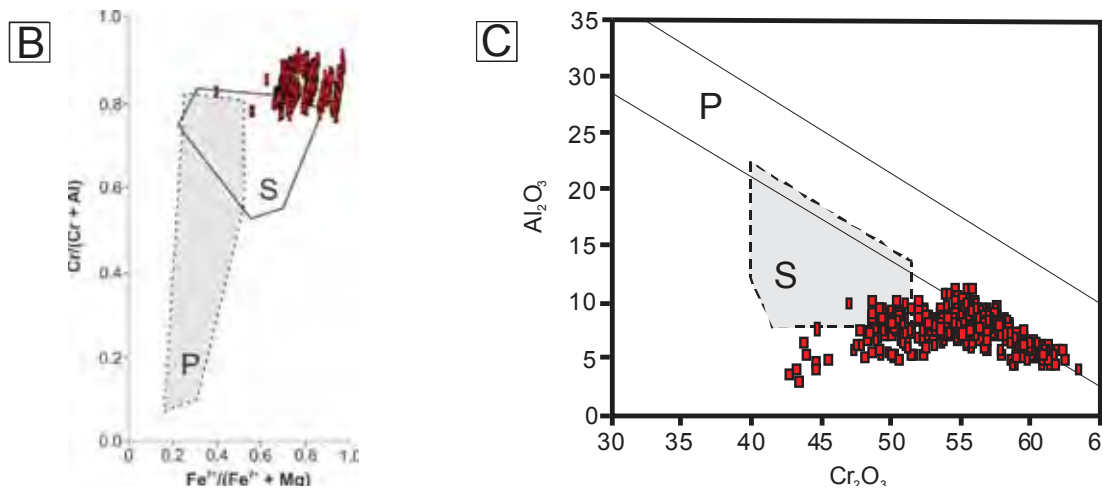
Os cromo espinélios estudados mostraram-se ricos em Cr, apresentando teores de  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  que variam de 42-63 wt%, com valores médios de 55 wt%. Os teores de FeO também são altos, variando de 12 a 32 wt%, atingindo média de 27 wt%, sendo que o  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  oscila de 0,0-22 wt%, com média igual a 6,5 wt%. Já os teores de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  e MgO são baixos e mais uniformes, variando de 3-11 wt% e 0,4-10 wt%, com valores medianos em torno de 7,5 wt% e 3,8 wt%, respectivamente. As concentrações de MnO, por sua vez, são altas e pouco variáveis, com valores de 0,5-1,1 wt%, com médias superiores a 0,7 wt%. O vanádio mostra valores de  $\text{V}_2\text{O}_5$  constantemente baixos, com média de 0,15 wt%. Ultimamente, o  $\text{TiO}_2$  é o óxido que apresenta concentração mais flutuante, exibindo valores de 0,0-1,1 wt%, e teores médios de 0,20 wt%.

#### 4.1.1 Diagramas da Cromita

Os diagramas do quimismo da cromita são extremamente úteis para a sua classificação mineralógica e genética, e para tanto, fazem uso de gráficos binários ou ternários nos quais os eixos ou vértices são representados pelo teor em peso de óxidos (wt%) ou proporção atômica (at%). Os elementos mais utilizados são Cr, Al, Ti,  $\text{Fe}^{+2}$ ,  $\text{Fe}^{+3}$  e Mg, sendo algumas das possíveis combinações exemplificadas abaixo (Fig. 4.1). Todavia, o reconhecimento de exsoluções de rutilo a partir da cromita (vide Item 3.1.7.5) inviabilizou a confecção de diagramas que utilizassem o  $\text{TiO}_2$ , já que as cromitas não contém mais o teor de titânio original, o que tornou as análises não representativas. Vale ressaltar ainda que o  $\text{Fe}^{+3}$  foi obtido através de cálculos de proporção atômica a partir do  $\text{FeO}_{\text{total}}$ .

Fig. 4.1 - Diagramas onde foram plotadas 510 análises de cromita obtidas com microsonda eletrônica.





A - Diagrama ternário Cr-Al-Fe<sup>+3</sup> (at%) do quimismo das cromitas; B - Diagrama #Fe [(Fe<sup>2+</sup>/Fe<sup>2+</sup> + Mg)] vs. #Cr [(Cr/Cr + Al)]. Os campos de cromitos podiformes (P) e estratiformes (S) são modificados de Irvine (1967) e Leblanc & Nicolas (1992) (\*idem no item C); C - Diagrama Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> vs. Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

#### 4.2 Análises de clorita

Nas análises de silicatos, tanto presentes na matriz, quanto inclusos em porfiroblastos de cromita, foram quantificados os elementos Al, Mg, Si, Ca, Fe<sub>total</sub>, Na, K, Ti, Ni, Mn e Cr. Realizaram-se mais de 50 análises de clorita, individualizando os cristais da matriz daqueles inclusos em cromita para posterior comparação. De posse desses dados, foi possível observar que em ambos casos a composição das cloritas não se altera, sendo os teores de todos os óxidos muito similares.

Os minerais analisados apresentaram teores médios de 17 wt% de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 30 wt% de SiO<sub>2</sub>, 28 wt% de MgO e 3,5% de FeO<sub>total</sub>. Outros elementos como Ca, Na, K, Ti e Mn mostraram valores muito baixos, sendo portanto, desprezíveis (em geral <0,1 wt%). As cloritas contém ainda valores consideráveis de NiO, por volta de 0,25 wt%. O cromo, por sua vez, é também bastante elevado, atingindo valores médios de 3,1 wt%, o que caracteriza estes minerais como clinocloros ricos em cromo, ou kamereritas.

### 4.3 Análises de rutilo

Os elementos químicos analisados nesta etapa foram Mg, Nb, Cr, Ti, Al, Mn, W, Fe<sub>total</sub>, Zr e V. Foram efetuadas mais de 150 análises pontuais de rutilo, uma vez que o titânio é um elemento chave no sistema ultramáfico estudado, podendo ser utilizado como indicador genético dos cromititos.

As análises foram balizadas segundo critérios espaciais e associativos, os quais classificavam os cristais em dois grupos: 1 - cristais livres na matriz sem contato direto com grãos de cromita; 2 - cristais inclusos ou em contato direto com grãos ou agregados de cromita. Este método teve por objetivo mostrar possíveis variações composicionais entre os dois grupos, que pudessem então, ser utilizadas para individualizar diferentes fases de formação/gêneses de rutilo (e.g. rutilo primário; rutilo metamórfico fase 1,2,3 etc). Todavia, os dados lavrados desta pesquisa indicaram muito claramente que tal diferenciação não ocorre, e que os rutilos livres na matriz são composicionalmente idênticos àqueles inclusos/em contato com cromo espinélio.

Os rutilos apresentam teores muito baixos de MgO, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> e MnO, com valores praticamente desprezíveis (<0,05 wt% para Mg e Al e abaixo do limite de detecção - b.d.l. para Mn). O Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e o ZrO<sub>2</sub> também apresentam valores baixos, atingindo médias de 0,059 wt% e 0,012 wt%, respectivamente. O teor de óxido de zircônio é, no entanto, relevante na medida que pode ser usado em cálculos geotérmicos. Outro elemento com baixos teores é o FeO<sub>total</sub>, com média de 0,117 wt%. O Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> mostra concentrações elevadas e uniformes, com média de 2,77 wt%, e valores que oscilam entre 1-5,7 wt%. O titânio, por sua vez, é muito constante, apresentando teores médios de 95,44 wt%, e picos máximos e mínimos de 97,43 wt% e 92,07 wt%, respectivamente. Os óxidos de tungstênio apresentam valores de WO<sub>3</sub> de 0,0 - 0,86 wt%, com média relativamente alta de 0,313 wt%. Já o vanádio apresenta teores altos e muito pouco variáveis (0,63-0,79 wt%) , com média igual a 0,70 wt%.

## 5 METAMORFISMO E ALTERAÇÃO SUPÉRGENA

O metamorfismo que afetou a porção centro norte do *greenstone belt* de Pilar de Goiás foi responsável por mudanças texturais, estruturais e mineralógicas das rochas vulcanossedimentares pretéritas. As assembléias paragenéticas encontradas na região do povoado de Cedrolina apontam para um pico metamórfico de no mínimo fácies anfibolito baixo (550-570°C e 4-6 kbar), com retrometamorfismo para a fácies xisto verde zona da clorita, cujo grau é característico de terrenos *greenstone belt*.

É possível diferenciar três processos que transformaram as rochas encontradas na área: metamorfismo hidrotermal; metamorfismo regional dinamotermal; e alteração supérgena. A fim de se facilitar o entendimento dos resultados desses processos, tratar-se-á cada um separadamente.

### 5.1 Metamorfismo hidrotermal

Um metamorfismo hidrotermal bastante pronunciado e intenso é observado nas rochas encontradas nas cercanias de Cedrolina. Tal processo é evidenciado principalmente pela presença de traços de minerais formados por elementos incompatíveis/altamente diferenciados em rochas metamáficas e metaultramáficas, e pelo enriquecimento local em quartzo e feldspatos promovido no entorno de intrusões gnáissicas (vide Item 3.1.5).

Dentre as espécies encontradas figuram minerais de elementos terras raras (REE - *rare earth elements*) como monazita, minerais radioativos (thorianita, uraninita, huttonita) e ainda minerais de elementos incompatíveis como tiemanita (HgSe), zircão, baddleyita e niobita/columbita ( $\text{Fe}^{+2}\text{Nb}_2\text{O}_6$ ). Estas fases foram reconhecidas com auxílio de análises de microsonda eletrônica, e são encontradas principalmente no corpo cromitito (vide Apêndice C) e, em escala bem menor, em talco clorita anfibólio xistos, clorita talco xistos e anfibólio xistos (Apêndice D - Lâminas CED-169, 140A e 182 respectivamente).

Foram observados ainda xenocristais de quartzo (Fig. 3.6), albita (Fig. 3.6A) e plagioclásio (Fig. 3.5B) que ocorrem na matriz de rochas metaultramáficas. Pode-se notar como a foliação metamórfica  $S_n$  se amolda a estes cristais (Fig. 3.6B), sendo a intrusão dos mesmos, consequentemente, pré a  $S_n$ -Dn. Acredita-se que estes xenocristais, bem como os minerais incompatíveis encontrados na região, são resultado da percolação de fluídos hidrotermais altamente diferenciados enriquecidos em REE, U, P, Th, Zr, Hg, Se, Nb, entre outros. Estes fluídos extremamente evoluídos seriam os líquidos finais associados ao resfriamento de corpos

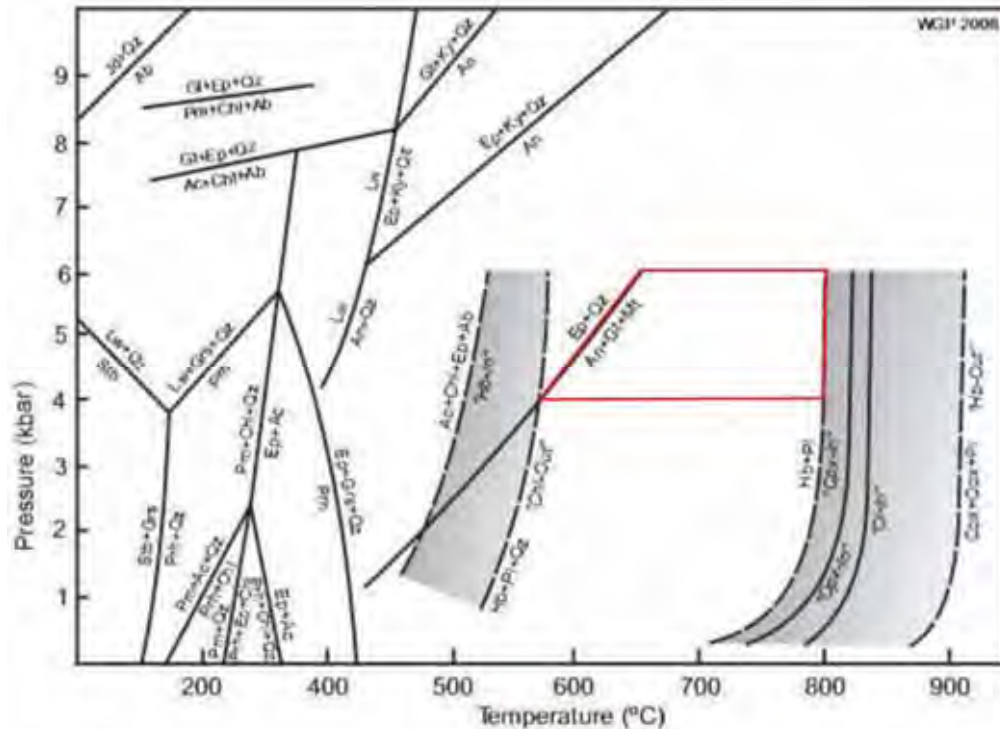
de albita granitos (trondhjemíticos) que intrudem as rochas do *greenstone belt*. Esta afirmação é sustentada pelo fato de que estes corpos são posteriores à formação do Gr. Pilar de Goiás, e pré a sin-Dn, já que atualmente são gnaisses que apresentam foliação Sn bem marcada (vide Item 3.1.5).

## 5.2 Metamorfismo dinamotermal

Dentro da unidade metavulcânica máfica foram reconhecidos anfibolitos com assembléia mineralógica composta basicamente por hornblenda, granada, andesina, epidoto, tremolita e titanita/leucoxênio (Apêndice D - Lâmina CED-83). A associação hornblenda, andesina e granada indica metamorfismo no mínimo de fácies anfibolito baixo (Fig. 5.1), com temperaturas superiores a 570°C e pressões entre 4-6 kbar. A alteração da hornblenda e da andesina para tremolita e epidoto, respectivamente, atesta ainda para um retrometamorfismo para fácies xisto verde. Os anfibolitos podem ainda ser encontrados quase totalmente xistificados, nos quais os anfibólios são apenas cristais reliquiais inseridos numa massa micácea (Apêndice D - Lâmina CED-01B). Na mesma unidade foram também descritos xistos máficos compostos por anfibólios ferro-magnesianos da série cummingtonita-grunerita, Fe-hornblenda, almandina e magnetita, o que também indica um pico metamórfico da fácies anfibolito (Apêndice D - Lâmina CED-182).

Nas rochas metaultramáficas também pode ser encontrada a associação hornblenda e andesina em hornblenda xistos (Apêndice D - Lâmina CED-67), reafirmando um metamorfismo da fácies anfibolito. Outrossim, a presença de cummingtonita alterando-se para clorita (Fig. 3.5) em talco-clorita-anfibólio xistos é também prova do retrometamorfismo para fácies xisto verde baixa.

Fig. 5.1 - Grade petrogenética para rochas metamáficas.

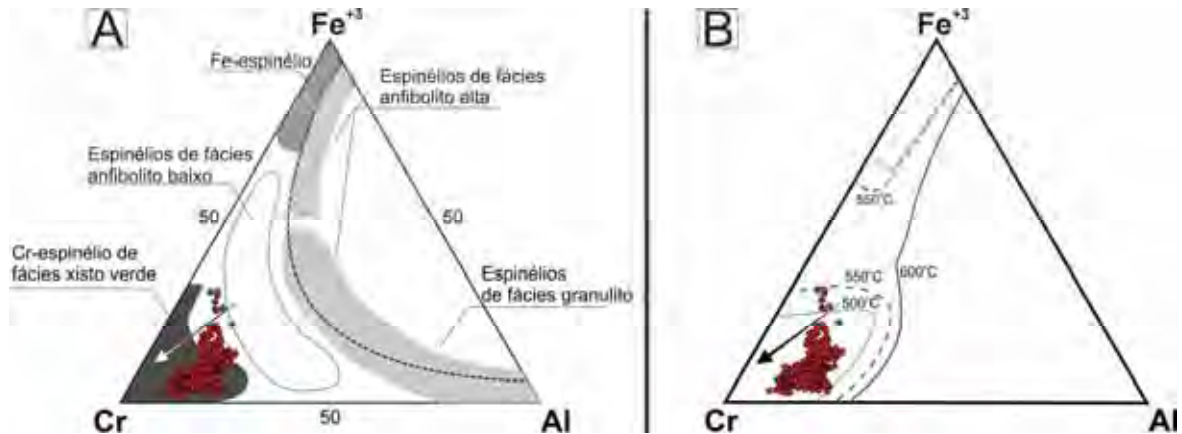


O polígono vermelho delimita o campo de estabilidade da paragénese hornblenda+andesina+almandina (sem clorita e clinopiroxênio) encontrada em anfibólitos e anfibólio xistos da região de Cedrolina, que aponta para temperaturas superiores a 570°C e pressões entre 4-6 kbar. Abreviações: An = anortita, Chl = clorita, Cpx = clinopiroxênio, Gt = granada, Hb = hornblenda, Pl = plagioclásio, Qz = quartzo. Modificado de Winter (2001).

Complementarmente, as cromitas encontradas no cromitito são do tipo alto Cr (vide Item 4.1), sendo contidas no campo do metamorfismo da fácies xisto verde nos diagramas ternários Cr-Fe<sup>+3</sup>-Al (Fig. 5.2). Nestes diagramas é possível observar ainda que alguns pontos plotam ligeiramente fora do campo do Cr-espinélio de fácies xisto verde (até 500°C), se aproximando do campo dos espinélios de fácies anfibolito baixo. Tal feição é entendida como representativa de que, de fato, o pico metamórfico da área atingiu a fácies anfibolito (>550°C), sendo que a enorme maioria das análises indica um processo retrometamórfico para a fácies xisto verde.

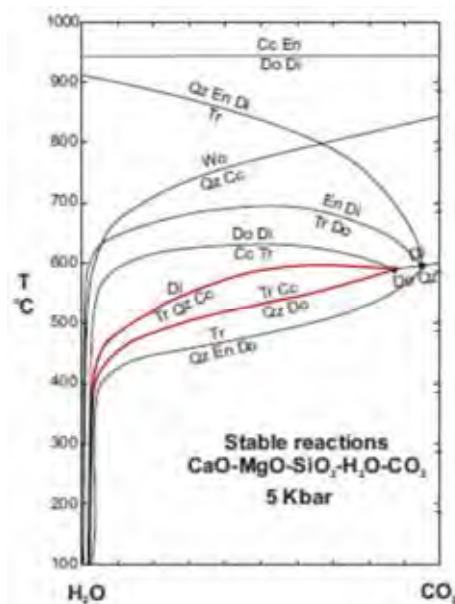
Já na sequência metassedimentar química, a observação da assembléia tremolita, calcita e quartzo em mármore impuros é também indício de uma faixa de temperatura entre 500-600°C se considerarmos valores de X<sub>CO2</sub> medianos de 0,3-0,6 (Fig. 5.3). Este diagrama se ajusta bem às condições impostas pela faixa de temperatura (550-570°C) do pico metamórfico da área (constatado pela paragénese encontrada em anfibólitos e pela composição das cromitas) e pela paragénese observada nos mármore e, portanto, entende-se que a pressão associada ao metamorfismo era de fato próxima a 5 kbar.

Fig. 5.2 - Diagramas triangulares Cr-Fe<sup>+3</sup>-Al onde foram plotadas 510 análises mostrando variações composicionais das cromitas de Cedrolina.



A - Modificado de Proenza et al. (2008), sendo os campos das diferentes fácies metamórficas de Purvis et al. (1972), Evans & Frost (1975) e Suita & Streider (1996); B - Limites de estabilidade de espinélios para cromita e magnetita (calculados em equilíbrio com olivina Fo<sub>90</sub>). Modificado de Sack & Ghiorso (1991) in: Barnes (2000). As setas (branca e preta) indicam o sentido do retrometamorfismo para fácies xisto verde.

Fig. 5.3 - Diagrama T-X<sub>CO<sub>2</sub></sub> do sistema CaO-MgO-SiO<sub>2</sub>-H<sub>2</sub>O-CO<sub>2</sub> para rochas calciossilicáticas.



O polígono vermelho limita o campo de estabilidade da assembléia tremolita (Tr) + quartzo (Qz) + calcita (Cc). Reações estáveis a pressões constantes de 5 kbar. Modificado de Winter (2010).

O fato de que os anfibólios (hornblenda e cummingtonita) definem a foliação Sn e que frequentemente apresentam processos de alteração para clorita, relaciona a fase Dn ao pico metamórfico da área (anfibolito baixo). A formação de cristais de rutilo estirados segundo Sn a

partir da exsolução de Ti das cromitas (vide Item 3.1.7.5) também é entendida como mais uma evidência de que o pico metamórfico da área é síncrono à fase Dn.

As fases pós-Dn teriam ocorrido, portanto, em grau metamórfico mais baixo, estando associadas ao retrometamorfismo das paragêneses da fácies anfibolito para minerais índice da fácies xisto verde baixa (clorita, talco, tremolita). Paralelamente, a grande abundância de barita, a presença de carbonatos de Ca, Mg e Ba, apatita, fosfatos hidratados de Ni+Fe (arupita) e REE (florencita) e carbonatos hidratados de REE (calkinsita) no cromitito, além de leucoxênio em anfibolitos, são entendidas como resultado de uma segunda etapa de metamorfismo hidrotermal (Apêndice C). Esta afirmação é cabível pois a florencita ocorre sempre associada a zonas de alteração proeminentes, e é um mineral formado por processos hidrotermais/supérgenos sempre associados a monazitas (Lefebvre & Gasparrini 1980). Consequentemente, já que as monazitas são pré a sin-Dn, as florencitas podem ser consideradas tardi a pós-Dn. Esta alteração tardia estaria provavelmente associada a fluidos ricos em CO<sub>2</sub>, Ba e Ca formados pela percolação de água aquecida através de rochas metassedimentares (e.g. mármore e calciossilicáticas) da região.

### **5.3 Alteração supérgena**

A última fase de alteração é fruto da ação contínua das intempéries sobre as rochas do GBPG. Esta etapa está relacionada à instalação de um regime climático tropical a partir do Cenozóico que perdura até hoje, e que é responsável pela hidratação e quebra mecânica dos minerais e rochas, formando perfis de solo profundos e aplainando o relevo. A feição mais marcante associada a esta fase é uma crosta de laterita manganífera desenvolvida no nordeste da área (vide Item 3.1.8). Tais processos foram também responsáveis pela alteração progressiva da clorita presente em algumas rochas metaultramáficas para alofana e gibbsita (Fig. 3.40), pela formação de pseudomorfos de magnetita preenchidos por hidróxidos de ferro em talco xistos (Fig. 3.28), por parte da martitização da magnetita em anfibólio xistos/BIF e ainda pela caulinitização das intrusões félsicas.

## 6 ASPECTOS ECONÔMICOS

Dentro da área estudada foram reconhecidos alguns litotipos que compõem ocorrências de ferro, manganês e cromo, sendo eles anfibólio-magnetita BIF, lateritas manganíferas e cromititos, respectivamente. A camada mais expressiva de formações ferríferas ocorre na porção central da região alvo (Apêndice A), apresentando pelo menos 50 m de espessura, e ~1,5 km de extensão ao longo da direção da camada (NE-SW). Estas formações ferríferas bandadas são da fácies óxido, contendo principalmente magnetita e anfibólio ferro-magnesiano, podendo atingir até 40% em óxidos de ferro (magnetita+hematita).

Já no nordeste da área, a ocorrência de um extenso platô laterítico (~0,75 km<sup>2</sup>) com até 1m de espessura é uma possível fonte de Mn. Esta capa de alteração supérgea se desenvolveu sobre rochas metamáficas/metaultramáficas, e por este motivo, pode ainda ter concentrado metais preciosos como Au, Ag e PGM, já que estes elementos/minerais são praticamente inertes ao intemperismo químico. O único fator complicador é a frequente presença de blocos de *metachert* e quartzo de veio, que seriam contaminantes (SiO<sub>2</sub>) do minério.

### 6.1 Potencial econômico do corpo de cromitito de Cedrolina

O corpo de cromitito alvo deste estudo apresenta pequenas dimensões (vide Item 3.1.7.1), sendo composto por cromitas ricas em cromo (em média 55 wt% - vide Item 6.1) e apresentando ainda ocorrências de metais preciosos como Au, Ag e PGM (vide 3.1.7.6 e Apêndice C). Tal corpo rochoso apresenta geometria tabular, mergulhando para noroeste por debaixo de formações ferríferas bandadas, sendo, conseqüentemente, sua extensão em subsuperfície desconhecida. Entretanto, pode-se tomar por base a forma elíptica do corpo (em mapa) e, assumindo-se que o mesmo não é contínuo em subsuperfície, é possível calcular seu volume estimado mínimo através das seguintes equações:

$$Ae = \pi.a.b \quad (1)$$

$$Ve = Ae.E_m \quad (2)$$

onde,  $Ae$  = área da elipse

$a$  = semi eixo maior da elipse

$b$  = semi eixo menor da elipse

$Ve$  = volume da elipse

$E_m$  = espessura média do corpo

Desta maneira, têm-se que:

$$A_e = \pi \cdot 115.50 \approx 18.064 \text{ m}^2$$

$$V_e = 18064.1,5 \approx 27.096 \text{ m}^3$$

Considerando que o volume médio de cromo espinélio nos cromititos é de ~50%, é possível dizer que as cromitas representam  $13.548 \text{ m}^3$  do volume total da rocha. Assumindo que a densidade média das cromitas é de  $4,79 \text{ t/m}^3$ , pode-se calcular a massa das mesmas da seguinte forma:

$$m = V \cdot d_m \quad (3)$$

onde,  $m$  = massa das cromitas

$V$  = volume das cromitas

$d_m$  = densidade média das cromitas

Portanto,

$$m = 13.548 \cdot 4,79 = 64.894,920 \text{ toneladas ou } \sim 65 \text{ kt}$$

Consequentemente, as reservas estimadas/inferidas para o corpo de cromitito de Cedrolina totalizam ~65 kt de minério de cromo com teores de 42-63 wt% de  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  contido (55 wt% em média). Em suma, apesar dos teores elevados de cromo, a exploração do corpo de Cedrolina para este metal não é viável devido à pequena tonelagem. Todavia, se furos exploratórios comprovarem uma maior extensão em subsuperfície, quiçá o corpo se torne economicamente interessante.

Com relação aos metais nobres, foram reconhecidos apenas três cristais de ouro nativo puro, dois cristais de irarsita, um cristal de laurita, um cristal de pearceita (sulfeto de Ag, Cu, As e Sb) e ocasionais cristais de argentita (todos de  $\sim 1 \mu\text{m}$  de diâmetro) dentre as treze lâminas analisadas com microsonda eletrônica (Apêndice C). Estes números pouco expressivos, associados ao tamanho restrito do corpo, levam o autor a acreditar que os cromititos de Cedrolina não apresentam mineralização economicamente aproveitável de metais nobres.

## 7 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS

As observações realizadas em campo indicam que o cromitito de Cedrolina é hospedado/envelopado por talco xistos bastante alterados e de espessura variável. O corpo apresenta pequenas dimensões, geometria tabular e foliação metamórfica concordante à encontrada nas rochas encaixantes. A textura macroscópica da rocha é bastante distinta, sendo caracterizada por grandes nódulos esféricos a elipsoidais de cromita imersos numa matriz silicática (talco + clorita). O contato entre os cromititos e os talco xistos hospedeiros é de difícil observação, porém blocos rolados indicam contatos retos/abruptos a gradados. Todas estas evidências são características típicas de cromititos podiformes associados a complexos ofiolíticos.

Os processos relacionados ao metamorfismo dinamotermal foram responsáveis pelo desenvolvimento de foliação metamórfica associada, sendo caracterizada por minerais metamórficos prismáticos/ripiformes (anfibólios) e/ou placóides (micáceos) que definem uma xistosidade (Sn) bem marcada. Tais minerais são índices da fácies anfibolito e, portanto, entende-se que o pico metamórfico da área é sin-Dn. Outrossim, a constatação de fragmentos de cromita e nódulos deformados para elipsóides definindo Sn são evidências ainda de que a maior fase de deformação das rochas da região é síncrona ao pico metamórfico.

Quanto à idade do cromititos, pode-se estabelecer algumas relações temporais com as rochas e fases deformacionais da região. A constatação de forte enriquecimento em elementos incompatíveis, entendidos como provindos de metamorfismo hidrotermal associado a intrusões félsicas, implica que os cromititos são anteriores a tais intrusões. Se considerarmos as idades U-Pb concordantes de  $2.145 \pm 12$  Ma obtidas por Queiroz (2000) em albita granitos intrusivos no GBPG, é possível estipular que os cromititos são mais antigos que 2.145 Ma, e portanto, paleoproterozóicos. Complementarmente, por apresentarem foliação metamórfica (Sn) discreta a proeminente, os cromititos são pré a no máximo sin-Dn, o que implica ainda que a fase Dn é mais nova que 2.145 Ma.

Contudo, quando as análises químicas das cromitas realizadas com auxílio de microsonda eletrônica são plotadas em diagramas genéticos (Fig. 4.1), nota-se que os pontos não se ajustam claramente a nenhum dos campos (estratiforme ou podiforme). Esta constatação, juntamente com observações macroscópicas e microscópicas do estado de alteração das cromitas e da matriz, indica que o cromo espinélio não apresenta mais a composição química magmática (primária), sendo sua composição atual completamente metamórfica. Tal afirmativa é sustentada também pelo fato das cromitas serem do tipo alto Cr,

sendo contidas no campo do metamorfismo da fácies xisto verde no diagrama ternário Cr-Fe<sup>+3</sup>-Al (Fig. 5.2) e pelo reconhecimento de exsoluções de magnetita e rutilo a partir da cromita.

Assumindo-se essas premissas, é razoável afirmar que a composição original das cromitas era mais rica em Fe<sup>+3</sup> e Ti, o que poderia explicar o porquê das grandes oscilações no teor desse elementos observadas nas análises químicas de cromita (vide Item 4.1). A abundância de rutilo (até 3%) disperso na matriz é evidência ainda de que as cromitas eram, indubitavelmente, ricas em titânio, já que o mesmo é um elemento pouco móvel, e até hoje não há registro da ocorrência de fluídos hidrotermais ricos em TiO<sub>2</sub> que poderiam tê-lo trazido de fontes externas. Esta afirmação é extremamente controversa, já que cromitas ricas em Ti são típicas de complexos intrusivos estratiformes, e não de complexos ofiolíticos. Em adição à polêmica, a observação de uma textura microscópica na qual os nódulos de cromita são formados por agregados de Cr-espinélio fino que apresentam contatos euhedrais entre si, assemelhando-se a textura cumulática, e teores elevados (0,5-1,1 wt%) de MnO<sub>2</sub>, seriam outros fatores característicos de complexos estratiformes.

Compilando estas informações é possível se chegar a duas alternativas, nas quais ambas apresentam algumas implicações importantes:

1 - os cromititos são podiformes, e por consequência, associados a ofiolitos. Neste caso, isto implicaria que o magma parental do cromitito (rico em Ti) era quimicamente diferente de todos aqueles que geraram os complexos ofiolíticos conhecidos até hoje (baixo Ti). Tal hipótese sugere ainda duas perguntas: poderia a composição dos magmas parentais de complexos ofiolíticos ter mudado ao longo do tempo geológico?; poderiam ofiolitos paleoproterozóicos ter se formado a partir de magmas ricos em titânio?

2 - os cromititos são estratiformes e estão associados a intrusões máficas/ultramáficas (alto Ti). Se esta alternativa for válida, a textura observada nas cromitas é um novo tipo de textura orbicular associada a cromita estratiforme, e que ainda não foi descrita na literatura.

Para sustentar a segunda alternativa, o autor propõe o seguinte modelo hipotético para a gênese da textura observada:

as cromitas teriam se formado em uma câmara magmática profunda, sendo depositadas por processos de segregação magmática, formando portanto, camada(s) de cromitito(s) maciço(s) composto(s) por Cr-espinélio fino e com textura cumulática. Após a "sedimentação" desta(s)

camada(s), pulsos magmáticos tardios e sucessivos teriam erodido o cromitito maciço, fraturando-o em blocos. Durante o transporte e a ascensão do magma por condutos vulcânicos/subvulcânicos, o choque mecânico entre as partículas teria sido responsável por desbastar as arestas dos fragmentos de cromitito, tornando-os bem arredondados. Uma analogia a este processo pode ser feita com sistemas fluviais, nos quais os sedimentos (neste caso a cromita) proximais são angulosos e irregulares, e à medida que são retrabalhados/transportados pela água (neste caso o magma) se tornam cada vez melhor arredondados. Finalmente, após a alocação do magma nas rochas do *greenstone* (possivelmente na forma de um sill), os agregados (agora esféricos) de cromita afundariam para a base da intrusão (por apresentarem maior densidade que o magma silicático) resultando em contatos retos/abruptos a gradados entre o cromitito e a rocha hospedeira (atualmente talco xistos).

Esta proposta de modelo genético explica tanto a textura e composição química das cromitas, quanto a forma tabular do corpo de cromitito, e suas relações geométricas com as rochas encaixantes e hospedeiras. Por este motivo, o autor tende a acreditar que esta hipótese é a mais plausível dentre as duas alternativas, apesar de aceitar o fato de que o modelo genético proposto é meramente teórico.

Ressalta-se ainda que ambas alternativas (1 e 2) implicam que a cromita é alóctone. Esta afirmação é corroborada pela observação de que os agregados nodulares não apresentam limites coalescentes entre si, mas sim, evidenciam fraturamento em pontos de contato, o que prova que os mesmos já estavam solidificados quando da deformação/metamorfismo.

## 8 EVOLUÇÃO GEOLÓGICA DA ÁREA

A evolução geológica da área estudada é definida primeiramente por processos geotectônicos de distensão crustal, rifteamento e formação de uma bacia arqueana-paleoproterozóica. Como consequência do *rift*, vulcanismo de composição principalmente ultramáfica (provavelmente komatiítica) teria se instalado no fundo da bacia (em ambiente subaquático). Os derrames ultramáficos teriam se alternado a curtos períodos de sedimentação química, a qual foi responsável pela formação de camadas métricas de *cherts* e/ou BIF.

Em seguida, o vulcanismo ultramáfico deu lugar a extrusões de caráter máfico (basáltico) que também alternaram intervalos (mais frequentes) de sedimentação química de duração curta a prolongada. A repetição cíclica de sucessivos pulsos vulcânicos intercalados à precipitação química em intervalos variáveis de tempo, resultou na formação de rochas vulcânicas com grande contribuição sedimentar, BIF ricas em cinzas vulcânicas, e *cherts* com contribuição máfica. Tais rochas seriam fácies mais ou menos proximais aos condutos vulcânicos, correspondendo a um só ambiente deposicional, e apresentando portanto, contatos gradacionais e/ou interdigitados. Raros pulsos vulcânicos ultramáficos e curtos episódios de sedimentação pelítica também ocorreram durante esta fase, atestando variações químicas no magmatismo e pequenos aportes de sedimentos clásticos na bacia durante arrefecimento do vulcanismo, respectivamente.

Esta segunda fase de vulcanismo foi sucedida por um período de sedimentação majoritariamente química, localmente com alguma contribuição máfica, indicando que o vulcanismo nunca cessou completamente. Inicialmente houve sedimentação pelítica, mas que foi gradativamente substituída por precipitação química de *cherts*, com ou sem contribuição máfica. No decorrer desta sedimentação houve ainda a deposição restrita de lentes de carbonatos, e ainda pulsos vulcânicos máficos e ultramáficos isolados.

Após o término da deposição das rochas vulcanossedimentares, instalou-se um forte processo de metamorfismo hidrotermal associado a intrusões félsicas decorrentes dos estágios finais de evolução do vulcanismo no *greenstone* (ultramáfico→ máfico→ ácido). Posteriormente, uma tectônica compressiva iniciou o fechamento da bacia, promovendo metamorfismo dinamo-termal com pico de fácies anfibolito baixo (570°C/5 kbar - Fase Dn). Subsequentemente, pequenas intrusões piroxeníticas pré a tardi-Dn se alojaram em diversos níveis estratigráficos nas rochas supracrustais. Dois eventos deformacionais pós-Dn se associam ainda a um retrometamorfismo para fácies xisto verde baixa com hidrotermalismo associado. Ultimamente, couberam aos agentes intempéricos vigentes desde o Cenozóico, a alteração supérgena das rochas, com a implantação de extensos processos de laterização e pedogênese.

## 9 CONCLUSÕES

O trabalho de investigação do corpo de cromitito de Cedrolina, povoado do município de Santa Terezinha de Goiás-GO, resultou em inúmeros novos dados sobre o mesmo e que acarretaram em algumas possíveis novas inferências para com o *Greenstone Belt* de Pilar de Goiás. Abaixo estão enumeradas as principais informações e conclusões que puderam ser lavradas desta pesquisa:

- 1) O corpo de cromitito é envelopado por talco xistos de coloração clara a creme, apresentando geometria tabular e formato elíptico de pequenas dimensões, com o eixo maior (NE-SW) de ~230m e o eixo menor (NW-SE) ~100m, e espessuras que variam de 1-2,4m (1,5m em média).
- 2) Os cromititos apresentam foliação metamórfica (Sn) discreta a proeminente caracterizada por uma xistosidade marcada pelos silicatos orientados da matriz (talco e clorita), e subordinadamente, por nódulos de cromita que foram deformados para elipsóides e estirados. Este fato prova que os cromititos foram definitivamente afetados pela fase Dn, sendo portanto, pré a sin-Dn.
- 3) Os cromititos são compostos basicamente por 40-70% em volume de cromita (em média ~50%), 14-55% de talco (em média ~30%), 3-60% de clorita rica em cromo (em média ~20%), traços até 4% de hidróxidos de Fe (em média ~0,7%) e traços até 3% de rutilo (em média ~1,5%), sendo, portanto, caracterizados como cromititos disseminados.
- 4) A composição química da cromita é dada por:  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  (42-63 wt%, em média 55 wt%);  $\text{FeO}$  (12-32 wt%, em média 27 wt%);  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (0,0-22 wt%, em média 6,5 wt%);  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (3-11 wt%, em média 7,5 wt%);  $\text{MgO}$  (0,4-10 wt%, em média 3,8 wt%);  $\text{MnO}$  (0,5-1,1 wt%, em média 0,7 wt%);  $\text{V}_2\text{O}_3$  (em média 0,15 wt%);  $\text{TiO}_2$  (0,0-1,1 wt%, em média 0,20 wt%).
- 5) A cromita que compõe o corpo de cromitito estudado ocorre de duas maneiras: 1 - grandes agregados nodulares esféricos a elipsoidais; e 2 - cromitas de granulação fina a média subhedrais disseminadas na matriz. Os agregados possuem bordas bem arredondadas a levemente irregulares, mas em seu interior, estas estruturas evidenciam cristais finos a médios (mm) de cromita que apresentam contatos poligonais retos (euhedrais) entre si.

- 6) O cromo espinélio não apresenta mais a composição química magmática (primária), sendo sua composição atual (do tipo alto Cr) completamente metamórfica, e indicativa de reequilíbrio químico sob condições da fácies anfibolito com retrometamorfismo para fácies xisto verde.
- 7) O pico metamórfico da área é síncrono à fase Dn e atingiu no mínimo a fácies anfibolito baixo, com temperaturas de pelo menos 550-570°C e pressões entre 4-6 kbar (aproximadamente 5 kbar). Houve ainda um retrometamorfismo das rochas da região para a fácies xisto verde baixa.
- 8) Assumindo-se que a matriz do cromitito era majoritariamente composta por clorita, é possível especular que o magma pretérito era de composição piroxenítica. Adicionalmente, o reconhecimento de exsoluções de magnetita e rutilo a partir da cromita (durante a fase Dn) indica que a composição original do Cr-espinélio, e consequentemente, do magma parental da rocha, era também mais rica em  $\text{Fe}^{+3}$  e Ti.
- 9) A constatação de forte enriquecimento em elementos incompatíveis, entendidos como provindos de metamorfismo hidrotermal associado a intrusões félsicas, implicaria que os cromititos são anteriores a tais intrusões. Se considerarmos as idades U-Pb concordantes de  $2.145 \pm 12$  Ma obtidas por Queiroz (2000) em albita granitos intrusivos no GBPG, é possível estipular que os cromititos seriam mais antigos que 2.145 Ma, e portanto, paleoproterozóicos.
- 10) As reservas estimadas/inferidas para o corpo de cromitito totalizam ~65 kt de minério de cromo com teores de 42-63 wt% de  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  contido (55 wt% em média). Em suma, apesar dos teores elevados de cromo, a exploração dos cromititos de Cedrolina para este metal atualmente não é viável devido à pequena tonelagem. O mesmo foi verificado com relação aos metais nobres, que apresentam concentrações pouco expressivas.
- 11) O cromitito estudado apresenta características típicas tanto de complexos ofiolíticos (podiformes), quanto de complexos intrusivos (estratiformes). O fato da composição química das cromitas ser totalmente metamórfica impediu que se determinasse a gênese das mesmas através dos diversos diagramas existentes, dado que as análises plotam fora de ambos campos (podiforme e estratiforme) de cromita magmática.

12) Sumarizando todas as informações supracitadas, bem como as discussões propostas, conclui-se que não é possível determinar com certeza absoluta a origem (ofiolítica ou intrusiva máfica/ultramáfica) dos cromititos de Cedrolina. Todavia, é seguro afirmar que independentemente da origem, as cromitas se formaram em um sítio distinto do ocupado atualmente, sendo consequentemente, alóctones.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABOVIAN, S. B. 1986. Chromites of the Minor Caucasus. In: Chromites. UNESCO's IGCP-197 Project, Metallogeny of Ophiolites (W. Tetrascheck, S. Karamata, G. G. Kravchenko, Z. Johan, M. Economou, T. Engin. eds.) pp. 229-239. Athens. Theophrastus Publ. S. A.
- BARNES, S.J. 2000. Chromite in Komatiites, II. Modification during Greenschist to Mid-Amphibolite Facies Metamorphism. *Journal of Petrology*, vol.41, 3, pp. 387-409. 2000.
- CHENG, C. 1965. Genetic types of chromite deposits, based on their textures and structures. Translated from *Acta Geologica Sinica*, 1965, v. 45, no.3, p. 276-286. *Internat. Geology Rev.* v. 11, no. 4, p. 428-439.
- DANNI, J.C.M., RIBEIRO, C.C. 1978. Caracterização da seqüência vulcanossedimentar de Pilar de Goiás e Guarinos, Goiás. In: SBG, Congr Brás. Geol., 30, Recife, Anais, p.582-596.
- DANNI, J.C.M., JOST, H., WINGE, M., ANDRADE, G.F. 1986. Aspectos da evolução dos terrenos granito-greenstone: o exemplo da região de Hidrolina, Goiás. In: SBG, Congr. Brás. Geol., 34, Anápolis, Anais, pp.: 570-584.
- DSG 1975 - Diretoria de Serviço Geográfico - Ministério do Exército. Folha SD.22-Z-A-IV, Itapací, Região Centro-Oeste do Brasil 1:100.000.
- EVANS, B.W., FROST, B.R., 1975. Chrome-spinel in progressive metamorphism — a preliminary analysis. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 39, 959–972.
- FERRARIO, A., GARUTI, G., 1988. Platinum group minerals in chromite-rich horizons of the Niquelandia complex (Central Goiás, Brazil). In: Prichard, H.M., Potts, P.J., Bowles, J.F.W., Cribb, S.J. (Eds.), *Geoplatinum*, vol. 87. Elsevier Applied Sciences, London, pp. 261–272.
- FERREIRA FILHO, C.F., ARAUJO, S.M. 2009. Review of Brazilian chromite deposits associated with layered intrusions: geological and petrological constraints for the origin of stratiform chromitites. *Applied Earth Science (Trans. Inst. Min. Metall. B)* 2009, vol. 118, no 3/4. p.86-100.
- FORTES, P.T.F.O., PIMENTEL, M.M., SANTOS, R.V., JUNGES, S. 2003. Sm-Nd study of the Crixás greenstone belt, Brazil: implications for the age of deposition of the upper sedimentary rocks and associated Au mineralization. *Journal of South American Earth Sciences*. 16: 503-512.
- IRVINE, T.N., 1967. Chromian spinel as a petrogenetic indicator, part 2. Petrologic applications. *Canadian Journal of Earth Sciences* 4, 71–103.
- JAN, M.Q., WINDLEY, B.F. 1990. Chromian spinel-silicate chemistry in ultramafic rocks of the Jijal complex. *Northwest Pakistan J. Petrol.*, 31: 666-715.
- JOST, H., FORTES, P.T.F.O. 2001. Gold deposits and occurrences of the Crixás Goldfield, central Brazil. *Mineralium Deposita* (2001). 36: 358-376.
- JOST, H., OLIVEIRA, A.M. 1991. Stratigraphy of the greenstone belts, Crixás region, Goiás, central Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, 4:201-214.

- JOST, H., KUYUMJIAN, R.M., FREITAS, A.L.S., COSTA, A.L.L., NASCIMENTO, C.T.C., VASCONCELOS, F.M., GALOTTI, L., MARTINS, M.C.A., CARVALHO, M.N., CONDE, V.C. 1995. Geologia da porção norte do greenstone belt de Guarinos, GO. Rev. Bras. Geoc., 25:51 - 60.
- JOST, H., FUCK, R.A., BROD, J.A., DANTAS, E.L. *et al.* 2001. Geologia de terrenos Arqueanos e Proterozóicos da região de Crixás – Cedrolina, Goiás. Revista Brasileira de Geociências, 31 (3). p. 315-328.
- JOST, H., DUSSIN, I.A., CHEMALE JR, F., TASSINARI, C.C.G., JUNGES, S. 2008. U-Pb and Sm-Nd constraints for the Paleoproterozoic age of the metasedimentary sequences of the Goiás Archean greenstone belts. VI South American Symposium on Isotope Geology San Carlos de Bariloche - Argentina - 2008.
- JOST, H., CHEMALE JR, F., DUSSIN, I.A., TASSINARI, C.C.G., MARTINS, R. 2010. A U–Pb zircon Paleoproterozoic age for the metasedimentary host rocks and gold mineralization of the Crixás greenstone belt, Goiás, Central Brazil. Ore Geology Reviews, V 37. p 127-139, 2010.
- KINNAIRD, J.A., KRUGER, F.J., NEX, P.A.M., CAWTHORN, R.G. 2002. Chromitites of the Bushveld Complex - Process of formation and PGE enrichment. Economic Geology Research Institute Information Circular No. 369, University of the Witwatersrand, Johannesburg.
- LACERDA, H. 1997. Mapa geológico 1/100.000 do distrito mineiro do Greenstone-Belt de Crixás-Guarinos-Pilar de Goiás (GO). Anais do IV Simpósio de Geologia do Centro-Oeste, Cuiabá-MT, Outubro de 1997. DNPM/Goiânia.
- LEBLANC, M., NICOLAS, A., 1992. Les chromitites ophiolitiques. Chronique de la Recherche Minière 507, 3–25.
- LEFEVBRE, J.J., GASPARRINI, C. 1980. Florencite, an occurrence in the Zairian Copperbelt. Canadian Mineralogist. Vol. 18, pp. 301-311 (1980).
- PAKTUNC, A. D. 1990. Origin of podiform chromite deposits by multistage melting, melt segregation and magma mixing in the upper mantle. Ore Geol. Rev. 5:211-222
- PIMENTEL, M. M.; JOST, H.J.; FUCK, R.A. 2004. O embasamento da faixa Brasília e o arco magmático de Goiás. In: VIRGINIO MANTESSO-NETO; ANDREA BARTORELLI; CELSO DAL RÉ CARNEIRO; BENJAMIN BLEY DE BRITO NEVES. (org.). Geologia do continente Sul-americano: evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida. 1 ed. São Paulo: beca, 2004, v. , p. 355-368.
- PROENZA, J.A., ZACCARINI, F., ESCAYOLA, M., CÁBANA, C., SCHALAMUK, A., GARUTI, G. 2008. Composition and textures of chromite and platinum-group minerals in chromitites of the western ophiolitic belt from Pampean Ranges of Córdoba, Argentina: Ore Geology Reviews, 33, 32-48.
- PURVIS, A.C., NESBITT, R.W., HALLBERG, J.A., 1972. The geology of part of the Carr Boyd Complex and its associated nickel mineralization, Western Australia. Economic Geology 67, 1093–1113.

QUEIROZ, C.L. 2000. Evolução tectono-estrutural dos terrenos granito-greenstone belt de Crixás, Brasil Central. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, 209p.

QUEIROZ, C.L., JOST, H., SILVA, L.C. da, MCNAUGHTON, N.J. 2008. U–Pb SHRIMP and Sm–Nd geochronology of granite–gneiss complexes and implications for the evolution of the Central Brazil Archean Terrain. In.: *Journal of South American Earth Sciences* 26 (2008) 100–124.

RESENDE, M. G., JOST, H., OSBORNE, G.A., MOL, A. 1998. The stratigraphy of the Goiás and Faina greenstone belts, Central Brazil: a new proposal. *Rev. Bras. Geociênc.* 28: 77-94.

RIBEIRO FILHO, W. 1981. Reavaliação da geologia de Pilar-Mara Rosa. In: *Simp. Geol. Centro-Oeste*, 1 Vol. 1, Atas, SBG, Goiânia, Brazil (1981), pp. 281–296.

SABÓIA, L. A. de 1979. Os greenstone belts de Crixás e Goiás, GO. SBG, Centro-Oeste, *Bol. Inf.*, 9, pp. 44-72.

SACK, R.O., GHIORSO, M.S. 1991. Chromian spinels as petrogenetic indicators: thermodynamic and petrological applications. *American Mineralogist* 76, 827–847.

SCHULTE, R.F., TAYLOR, R.D., PIATAK, N.M., and SEAL II, R.R., 2010. Stratiform chromite deposit model. U.S. Geological Survey Open-File Report 2010–1232, 7 p.

SUITA, M.T., STREIDER, A.J., 1996. Cr-spinels from Brazilian mafic–ultramafic complexes: metamorphic modifications. *International Geology Review* 38, 245–267.

TAYLOR, H. P. 1967. The zoned ultramafic complexes of southeastern Alaska. In: *Ultramafic and Related Rocks* (P. J. Wyllie. ed.) pp 97-121. New York: John Wiley & Sons.

THAYER, T. P. 1969. Gravity differentiation and magmatic re-emplacement of podiform chromite deposits. In: *Magmatic Ore Deposits. Monograph 4* (H. D. B. Wilson, ed.) pp. 132-146. Econ. Geol. Co.

WINTER, J.D., 2001. *An Introduction to Igneous and Metamorphic Petrology*, Prentice Hall.

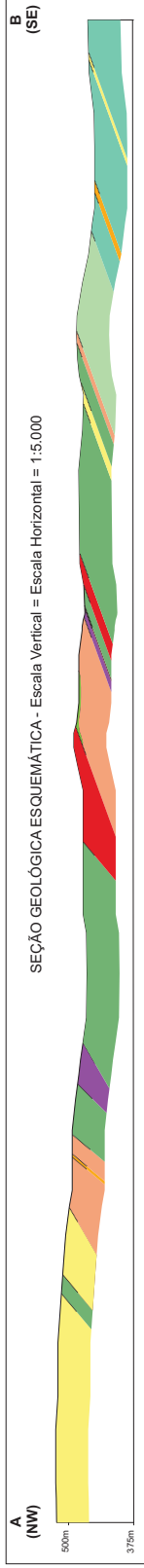
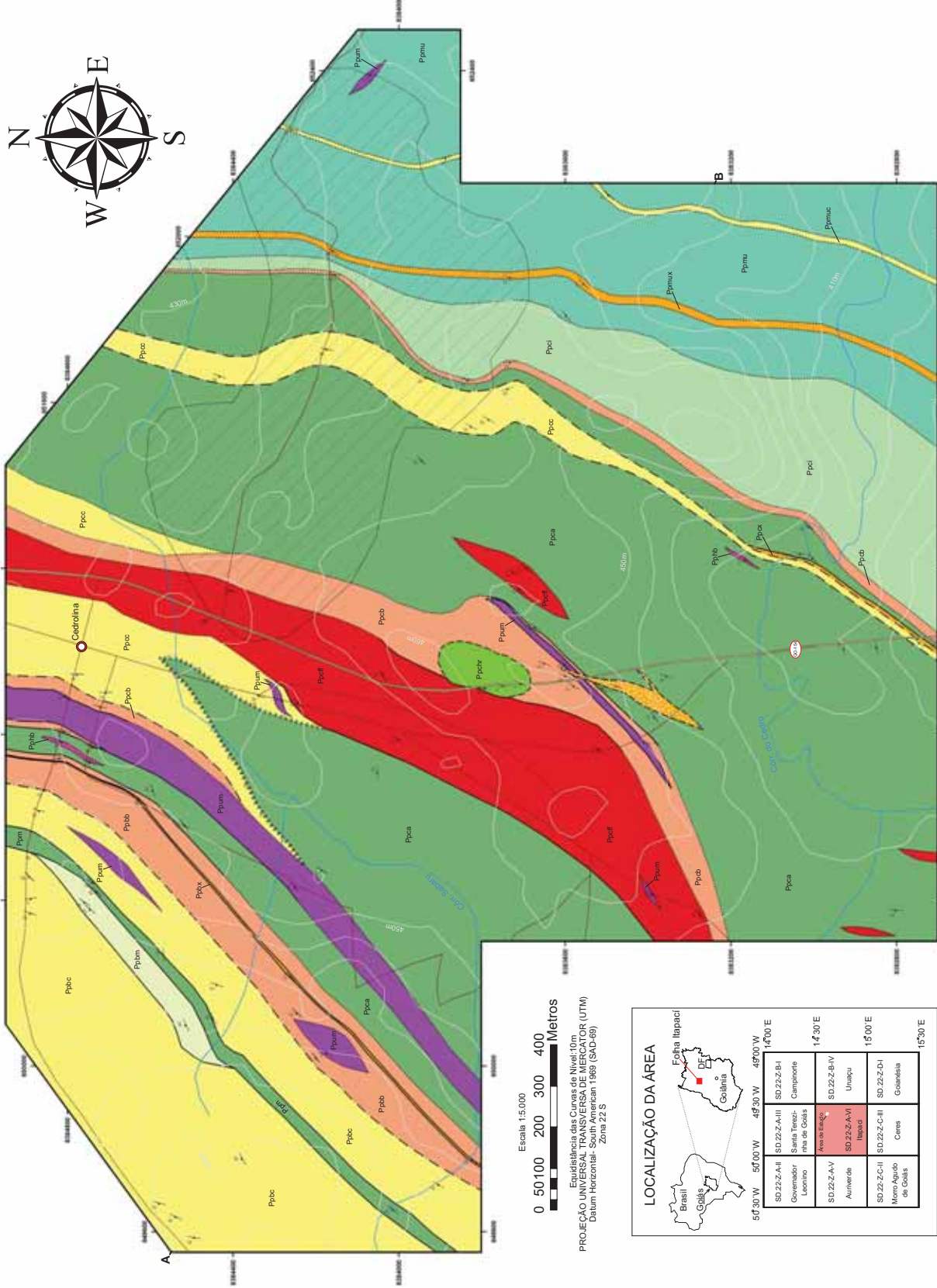
WINTER, J.D., 2010. *An Introduction to Igneous and Metamorphic Petrology*, Prentice Hall, 2nd Edition.

WHITNEY, D. L., EVANS, B. W. 2010. Abbreviations for names of rock-forming minerals. *American Mineralogist*, Volume 95, pages 185–187, 2010.

ZHOU, M.F., BAI, W.J., 1992. Chromite deposits in China and their origin. *Mineral. Deposita* 27. 192-199 (1992).

ZACCARINI, F., PORTELLA, Y. de M., BAKKER, R.J., ANGELI, N., GARUTI, G., THALHAMMER, O.A.R. *in press*. Electron microprobe and Raman spectroscopy investigation of monazite from chromitites of Cedrolina (Goiás State, Brazil).

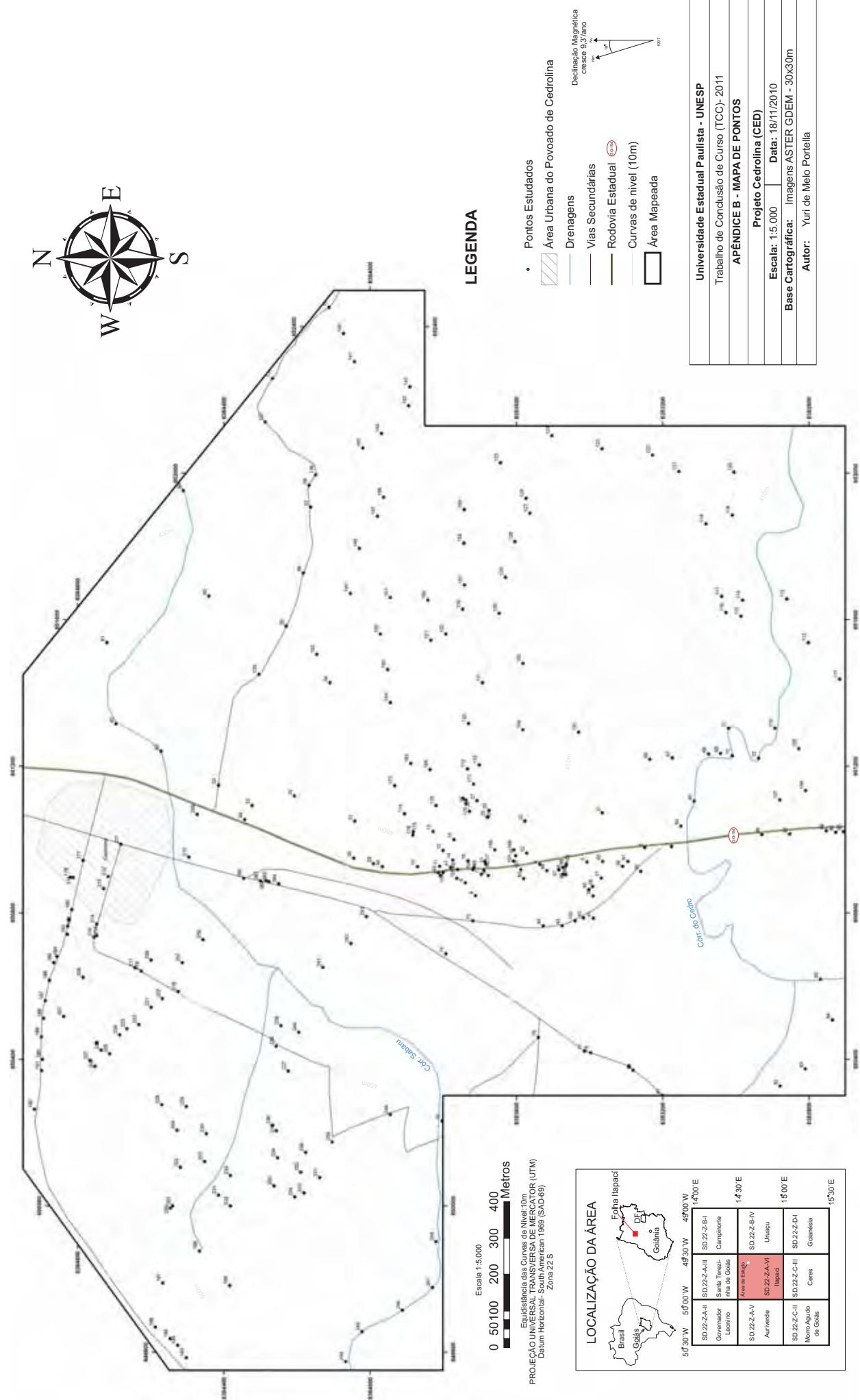
APÊNDICE A - MAPA GEOLÓGICO DAS CERCANIAS DO POVOADO DE CEDROLINA, SANTA TEREZINHA DE GOIÁS-GO



|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                          |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <h1>LEGENDA</h1> <h2>CENOZÓCIO</h2> <h3>Laterita</h3>  <p>Laterita manganifera com blocos de <i>metacherts</i> e quartzo de veio</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                          |
| <h2>PALEOPROTEROZÓCIO</h2> <h3>Intrusivas Félsicas</h3>  <p>Gnaissas leucocráticos compostos por albita, quartzo e muscovita, raramente biotita</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                          |
| <h3>Intrusivas Ultramáficas</h3> <p>Hornblenda xistos verde escuros maciços a pouco foliados</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                          |
| <h3>Talco Xisto</h3>  <p>Talco xistito scummingtonita xistos</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | <h3>Anfibolito</h3>  <p>Anfibolitos agredados</p>                                                                                                                       |
| <h3>Fm. Boqueirão</h3> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div>  <p>Ppcc</p> </div> <div>  <p>Ppcc</p> </div> </div> <p><i>Metacherts</i> (Ppcc) puros a impuros predominantes. Muscovita-quartzo-biotita xistos (Ppbb) com intercalações de muscovito-quartzo xistos (Ppbb). Ocorrem também raros xistos de talco com laminares calcícos rasos em tremolita (Ppmm).</p> |                                                                                                                                                                                                                                                          |
| <h3>Fm. Cedrolina</h3>  <p>Ppcc<br/>Ppcc</p> <p>Anfibolito xistos e anfibolitos (Ppcc) predominantes com intercalações de lentes/camadas (m-dm) de <i>metacherts</i> (Ppcc). Formações ferríferas bandadas ricas em magnetita e anfibolito (Ppccf) e subordinadamente de xistos de talco (Ppcc). Intercalagens de muscovito-quartzo xistos (Ppcc). Intercalagens de formações ferríferas e anfibolitos (Ppcc) são frequentes na base do pacote.</p>                                | <h3>Cromitito/Talco Xisto</h3>  <p>Ppcc</p> <p>Corpo elíptico e tabular de cromititos com 1-2,4m de espessura (1,5m em média) envelopados por talco xistito xistos.</p> |
| <h3>Fm. Córrego Fundo</h3> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div>  <p>Ppcc</p> </div> <div>  <p>Ppcc</p> </div> </div> <p>Unidade Metavulcânica Máfica/Ultramáfica Indiferenciada. Rochas metavulcânicas (Ppmm) com intercalações de <i>metacherts</i> (Ppmm) e muscovito-quartzo xistos (Ppmm).</p>                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                          |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |  |                                                                                                                                                                                                                               |  |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| <h2>CONVENÇÕES</h2> <h3>GEOLOGICAS</h3> <p>Contatos</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>--- Aproximado</li> <li>— Definido</li> <li>- - - Gradacional</li> <li>..... Inferido</li> <li>* * * * * Interdigitado</li> </ul> <p>Estruturas</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Folição Sh</li> </ul>                        |  | <h3>GEOGRÁFICAS</h3> <ul style="list-style-type: none"> <li>~ Curvas de Nível</li> <li>~ Direções</li> <li>~ Vias Secundárias</li> <li>~ Rodovia Estadual</li> <li>◻ Área Mapeada</li> <li>○ Povoados de Cedrolina</li> </ul> |  |
| <p>Universidade Estadual Paulista - UNESP</p> <p>Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) - 2011</p> <p><b>APÊNDICE A - MAPA GEOLOGICO</b></p> <p><b>Projeto Cedrolina (CED)</b></p> <p>Escala: 1:5.000      Data: 18/11/2010</p> <p>Base Cartográfica:      Imagens ASTER GDEM - 30x30m</p> <p><b>Autor:</b>      Yuri de Melo Portella</p> |  |                                                                                                                                                                                                                               |  |

APÊNDICE B - MAPA DE PONTOS DAS CERCANIAS DO POVOADO DE CEDROLINA, SANTA TEREZINHA DE GOIÁS-GO



APÊNDICE C - TABELA DOS MINERAIS ACESSÓRIOS DO CROMÍTITO DE CEDROLINA-GO

| Fases Acessórias dos Cromítitos |                     |                                                                                                                            | Amostra (CED)     |         |         |         |         |         |      |         |       |       |         |         | Amostra |
|---------------------------------|---------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|---------|---------|---------|---------|---------|------|---------|-------|-------|---------|---------|---------|
| Grupo                           | Mineral             | Fórmula Química                                                                                                            | Ocorrência        | 12      | 47A     | 47C     | 100     | 105A    | 105B | 105C    | 106A1 | 106A2 | 106B    | 106D    | Nelson1 |
| Silicatos                       | Clorita/Kammererita | (Mg,Fe <sup>+2</sup> ) <sub>5</sub> (Si <sub>3</sub> Al)O <sub>10</sub> (OH) <sub>8</sub>                                  | comum             | Chr     | Chr     | Chr     | Chr     | Chr     | Chr  | Chr     | Chr   |       | Chr     | Chr     | Chr     |
|                                 | Flogopita           | KMg <sub>3</sub> (Si <sub>3</sub> Al)O <sub>10</sub> (F,OH) <sub>2</sub>                                                   | rara              | Chr     | Chr     | Chr     | Chr     |         |      | Mtx     | Chr   | Chr   |         | Chr     |         |
|                                 | Hornblenda          | Ca <sub>2</sub> [Mg <sub>4</sub> (Al,Fe <sup>+3</sup> ) <sub>5</sub> Si <sub>7</sub> AlO <sub>23</sub> (OH) <sub>2</sub> ] | extremamente rara |         |         |         |         |         |      |         |       |       |         |         |         |
|                                 | Huttonita           | ThSiO <sub>4</sub>                                                                                                         | extremamente rara |         |         |         |         |         |      |         |       |       |         |         |         |
|                                 | Talco               | Mg <sub>3</sub> Si <sub>4</sub> O <sub>10</sub> (OH) <sub>2</sub>                                                          | comum             |         | Chr     | Chr     |         |         |      |         |       |       |         |         |         |
| Sulfetos                        | Titanita            | CaTiSiO <sub>5</sub>                                                                                                       | extremamente rara |         |         |         |         |         |      |         |       |       |         | Chr     |         |
|                                 | Zircão              | ZrSiO <sub>4</sub>                                                                                                         | comum             |         | Mtx     | Mtx     |         | Chr&Mtx | Mtx  | Chr&Mtx |       | Mtx   |         | Mtx     |         |
|                                 | Arsenopirita        | FeAsS                                                                                                                      | comum             |         |         | Chr     | Mtx     |         | Chr  |         |       | Mtx   | Chr     |         |         |
|                                 | Calcopirita         | CuFeS <sub>2</sub>                                                                                                         | comum             | Chr&Mtx | Chr&Mtx |         | Chr     |         |      |         |       | Mtx   | Mtx     | Chr     |         |
|                                 | Esferita            | (Zn,Fe) <sub>9</sub> S                                                                                                     | comum             | Chr     | Mtx     | Chr     | Mtx     |         |      |         |       | Chr   | Chr&Mtx | Chr     | Chr     |
| Sulfetos                        | Galen a             | PbS                                                                                                                        | rara              |         |         |         |         |         |      |         |       |       |         |         |         |
|                                 | Pentlandita         | (Fe,Ni) <sub>9</sub> S <sub>8</sub>                                                                                        | comum             |         |         |         | Chr     |         |      |         |       | Chr   | Chr&Mtx | Chr     |         |
|                                 | Pirita/Pirrotita    | FeS <sub>2</sub> /Fe <sub>(1-x)</sub> S <sub>x</sub>                                                                       | comum             |         |         | Chr     | Chr     |         |      |         |       | Chr   |         | Chr     |         |
|                                 | Sulfeto de As       | As <sub>2</sub> S <sub>3</sub>                                                                                             | extremamente rara |         |         | Chr     |         |         |      |         |       |       |         |         |         |
|                                 | Sulfeto de Cobre    | Cu <sub>3</sub> S <sub>4</sub>                                                                                             | extremamente rara | Chr     |         |         |         |         |      |         |       |       |         |         |         |
| Fosfatos                        | Sulfeto de Niquel   | Ni <sub>3</sub> S <sub>2</sub>                                                                                             | comum             | Chr     | Chr     | Chr     |         |         | Chr  | Chr     |       |       | Chr     | Chr     |         |
|                                 | Apatita             | Ca <sub>5</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> F                                                                          | extremamente rara |         |         |         |         |         | Chr  | Chr     |       |       |         |         |         |
|                                 | Arupita             | (Ni,Fe <sup>+2</sup> ) <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> ·8(H <sub>2</sub> O)                                   | rara              | Mtx     | Chr     | Chr     |         |         |      |         |       |       | Chr     |         |         |
|                                 | Florencita          | (La,Ce,Nd) <sub>4</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> (OH) <sub>8</sub>                                                  | rara              |         | Mtx     | Mtx     |         |         |      | Chr&Mtx | Mtx   |       |         | Chr     |         |
|                                 | Monazita            | (Ce,La,Sm,Nd)PO <sub>4</sub>                                                                                               | comum             | Chr     |         | Chr     |         |         |      | Chr&Mtx |       |       |         |         |         |
| Carbonatos                      | Calcita             | CaCO <sub>3</sub>                                                                                                          | rara              |         | Mtx     |         | Chr     |         |      |         |       |       |         |         |         |
|                                 | Calcinsita          | ((Ce,La) <sub>2</sub> (CO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> ·4H <sub>2</sub> O)                                                  | extremamente rara |         |         |         |         |         |      | Chr     |       |       |         |         |         |
|                                 | Dolomita            | CaMg(CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>                                                                                        | comum             | Chr     | Chr     | Chr     |         |         | Chr  | Chr     |       |       | Chr     |         |         |
|                                 | Magnesita           | MgCO <sub>3</sub>                                                                                                          | rara              | Chr     |         |         |         |         |      | Chr     |       |       |         |         |         |
|                                 | Norsehlita          | BaMg(CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>                                                                                        | extremamente rara |         | Chr     |         |         |         |      |         |       |       |         |         |         |
| Óxidos                          | Witherita           | BaCO <sub>3</sub>                                                                                                          | extremamente rara |         |         |         |         |         |      |         | Chr   |       |         |         |         |
|                                 | Baddeleyita         | ZrO <sub>2</sub>                                                                                                           | rara              | Chr     |         |         |         |         | Mtx  |         |       |       | Mtx     |         |         |
|                                 | Cassiterita         | SnO <sub>2</sub>                                                                                                           | extremamente rara |         |         |         |         |         |      |         |       |       | Chr     |         |         |
|                                 | Ilmenita            | Fe <sup>+2</sup> TiO <sub>3</sub>                                                                                          | rara              |         |         |         | Mtx     |         |      |         |       | Mtx   |         |         |         |
|                                 | Magnetita           | Fe <sup>+2</sup> Fe <sup>+3</sup> ·xO <sub>4</sub>                                                                         | comum             | Chr&Mtx | Chr&Mtx | Chr     | Mtx     |         |      |         |       |       | Chr&Mtx |         |         |
| Associações de Metais Nobres    | Niobita/Columbita   | Fe <sup>+2</sup> Nb <sub>2</sub> O <sub>6</sub>                                                                            | extremamente rara |         | Mtx     |         |         |         |      |         |       |       | Chr&Mtx | Chr&Mtx | Chr&Mtx |
|                                 | Rutilo              | TiO <sub>2</sub>                                                                                                           | comum             | Mtx     | Chr&Mtx | Chr&Mtx | Chr&Mtx | Mtx     | Mtx  | Chr&Mtx | Mtx   |       |         |         |         |
|                                 | Thorianita          | ThO <sub>2</sub>                                                                                                           | comum             |         | Chr&Mtx |         | Ch&Mtx  |         |      |         |       | Mtx   |         |         |         |
|                                 | Uraninita           | UO <sub>2</sub>                                                                                                            | comum             |         | Chr     |         | Chr     | Chr     | Chr  |         |       |       | Chr     | Chr     | Chr     |
|                                 | Ouro (puro)         | Au                                                                                                                         | rara              | Chr     |         |         |         |         |      | Mtx     |       |       |         |         |         |
| PGM                             | Argentita           | Ag <sub>2</sub> S                                                                                                          | comum             | Chr     | Mtx     | Mtx     |         |         |      |         |       |       | Chr     |         |         |
|                                 | Pearceita           | [(Ag <sub>8</sub> Cu <sub>8</sub> S <sub>41</sub> )](AgCu) <sub>8</sub> (As,Sb) <sub>2</sub> S <sub>7</sub> ]              | extremamente rara |         |         |         |         |         |      |         |       |       | Chr     |         |         |
|                                 | Irarsita            | (Ir,Ru,Rh,Pt)AsS                                                                                                           | extremamente rara |         |         |         | Chr     |         |      |         |       |       |         |         | Mtx     |
|                                 | Laurita             | RuS <sub>2</sub>                                                                                                           | extremamente rara |         |         |         |         |         |      |         |       |       |         |         | Mtx     |
|                                 | Alofana             | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ·(SiO <sub>2</sub> ) <sub>1.3-2</sub> ·(H <sub>2</sub> O) <sub>2.5-3</sub>                  | rara              | Chr&Mtx |         |         |         |         |      |         |       |       |         |         |         |
| Outros                          | Awaruita            | Ni <sub>2-3</sub> Fe                                                                                                       | rara              | Chr     |         |         |         |         |      |         |       |       |         | Mtx     |         |
|                                 | Barita              | BaSO <sub>4</sub>                                                                                                          | comum             | Chr&Mtx | Chr&Mtx | Chr     | Mtx     |         | Chr  | Chr     |       |       | Chr     |         | Chr     |
|                                 | Brudita             | Mg(OH) <sub>2</sub>                                                                                                        | rara              |         |         | Chr     |         |         |      |         |       |       |         |         |         |
|                                 | Gibbsita            | Al(OH) <sub>3</sub>                                                                                                        | comum             | Chr&Mtx | Mtx     |         |         |         | Mtx  |         |       |       | Mtx     |         |         |
|                                 | Tiemanita           | HgSe                                                                                                                       | comum             |         | Chr     | Chr     | Mtx     |         |      | Chr     | Chr   |       |         |         |         |

Legenda: Chr = incluso(a) em cromita; Mtx = na matriz. Obs: A amostra Nelson1 foi coletada em trabalhos anteriores pelo orientador deste projeto e, portanto, não está localizada no mapa do Apêndice B.

## APÊNDICE D - FICHAS DE DESCRIÇÃO PETROGRÁFICA

**Amostra: CED - 01B**

Unidade Litológica: Anfibólio Xistos

### Macroscópica

Cor: Vermelho ocre a amarelado  
Textura: Lepidoblástica  
Estrutura: Xistosa

### Microscópica

**Lâmina: CED - 01B**

Tipo: delgada

Textura da Rocha: nemato-lepidoblástica  
Estrutura da Rocha: Xistosa

**Composição Mineralógica:** Biotita 85%; Hidróxidos de ferro 12%; Anfibólio 3%; Quartzo tr.;

Descrição:

Nesta lâmina fica bastante evidente a presença de cristais reliquias de anfibólio (provavelmente hornblenda alterada para tremolita) total ou parcialmente alterados para micas vermelhas (biotitas ricas em ferro). Nota-se que os anfibólios originalmente definiam a foliação Sn (a textura do protólito desta rocha era nematoblástica), e foram posteriormente extensamente alterados para filossilicatos. O quartzo por vezes apresenta coloração azulada.

**Classificação Petrográfica:** Biotita Xisto com anfibólio

**Amostra: CED - 12**

Unidade Litológica: Cromitito

### Macroscópica

Cor da Matriz: Cinza - rosado  
Textura da Cromita: Nodular pouco fraturada  
Estrutura: Xistosa

### Microscópica

**Lâmina: CED - 12**

Tipo: polida

Textura da Rocha: Pórfiro-lepidoblástica  
Estrutura da Rocha: Xistosa

\*Matriz: 55% (Clorita 70%; Talco 30%); Traços de gibbsita e alofana. \*boa parte da matriz foi removida. Porcentagem estimada como se os vazios fossem anteriormente preenchidos pela matriz.

Cromita: 45%

**Composição Mineralógica:** Cromita 45%; \*Clorita 35%; \*Talco 19%; \*Rutilo 1%;

**Fases Acessórias (em traços)**

inclusas na cromita: magnetita; barita; clorita; argentita; NiS (comum); dolomita; magnesita; flogopita; monazita; esfalerita; calcopirita; ouro; CuS; awaruita; baddeleyita.

na matriz: barita; rutilo; magnetita; calcopirita; arupita

**Descrição da Matriz:** A matriz é composta principalmente por uma massa muito alterada de coloração amarronzada de clorita, que está sendo alterada para talco alofana e gibbsita. A foliação Sn é reconhecível, mas pouco pronunciada (talvez devido à remoção de grande parte da matriz). Cristais de talco com granulação grossa são observados como resultado da alteração da clorita, e muitas vezes, mostram-se crenulados. Nas porções mais alteradas nota-se muitas inclusões e orifícios nas cloritas alteradas, bem como ripas e bastonetes de rutilo.

**Descrição da Cromita:** As cromitas formam agregados nodulares maciços ou bastante fraturados, podendo estas fraturas serem concêntricas ou radiais ao núcleo da orbícula, ou ainda paralelas (de cisalhamento). Nota-se que em várias destas orbículas ocorrem contatos internos retilíneos, como se estas fossem formadas por cristais euhedrais a subhedrais de cromita mais fina (textura "soccer ball"). Textura de cisalhamento com fraturas retilíneas paralelas são observadas e alguns cristais mostram-se bastante deformados e estirados. Foi ainda reconhecido um cristal de <2 mm de diâmetro subhedral hexagonal. Inclusões sólidas diminutas são observadas, além de exsoluções de magnetita.

**Textura da Cromita:** "soccer ball" e de cisalhamento

**Amostra: CED - 14**

Unidade Litológica: Talco Xisto/Cromitito

**Macroscópica**

Cor: clara a creme

Textura: Lepidoblástica

Estrutura: Xistosa

**Microscópica**

**Lâmina: CED - 14**

Tipo: polida

Textura da Rocha: Lepdoblástica

Estrutura da Rocha: Xistosa

**Composição Mineralógica:** Talco 90%; Cromita 5%; Alofana 3%; Magnetita 1%; Hidróxidos de ferro 1%; Gibbsita - tr.; Clorita - tr.; Anfibólio - tr.; Rutilo - tr.;

Descrição:

O talco é o mineral predominante na lâmina, ocorrendo na forma de cristais fibrosos, tabulares, ripiformes, e como massas de agregados finos. As ripas de talco são de granulação média a grossa e juntamente com outros cristais prismáticos definem a foliação principal Sn (xistosidade). Muitas vezes é possível notar a presença de exsoluções alongadas de magnetita encaixadas nas clivagens do talco, além de microinclusões de magnetita. São comuns ainda minerais aluminosos como alofana, resultado da alteração supergênica de antigas cloritas (ou talco). Ocorrem ainda diversos fragmentos e cristais de cromita subhedral a anedral disseminados na lâmina. Bastonetes de rutilo podem também ser observados na matriz.

**Classificação Petrográfica:** Talco Xisto com cromita

\*\*\* Nas análises de cromitas efetuadas pela microsonda, os cristais menores de cromita são mais alterados que os cristais maiores (devido ao efeito da superfície de contato) e portanto, são mais ricos em Fe e mais pobres em Mg e Al comparativamente.

**Amostra: CED - 41**

Unidade Litológica: Mica Xistos

#### **Macroscópica**

Cor: vermelha

Textura: Lepidoblástica

Estrutura: Xistosa

#### **Microscópica**

**Lâmina: CED - 41**

Tipo: delgada

Textura da Rocha: Grano-lepidoblástica

Estrutura da Rocha: Xistosa

**Composição Mineralógica:** Quartzo 50%; Biotita 25%; Muscovita 20% ; Hidróxidos de ferro 5%;

Descrição:

A rocha é composta basicamente por quartzo de granulação média (recristalizado e estirado segundo a foliação Sn), por vezes azulado, e micas. As biotitas encontram-se totalmente alteradas, liberando ferro e contribuindo para a coloração vermelha da rocha. As muscovitas são tipicamente finas, e definem Sn.

**Classificação Petrográfica:** Muscovita Biotita Quartzo Xisto

**Amostra: CED - 47A**

Unidade Litológica: Cromitito

#### **Macroscópica**

Cor da Matriz: Cinza - esbranquiçada

Textura da Cromita: Nodular muito fraturada

Estrutura: Xistosa

### **Microscópica**

**Lâmina: CED - 47A**

Tipo: polida

Textura da Rocha: Pórfiro-lepdoblástica

Estrutura da Rocha: Xistosa

Matriz: 30% (praticamente só Talco)

Cromita: 70%

**Composição Mineralógica:** Cromita 70%; Talco 25%; Clorita 3%; Rutilo 2-3%;

### **Fases Acessórias (em traços)**

inclusas na cromita: barita; rutilo; uraninita; clorita; NiS; magnetita; tiemanita; flogopita; talco; dolomita; norsethita; thorianita; calcopirita; arupita; bismoclíde ou daubreeite;

na matriz: magnetita; rutilo; esfalerita; florencite; barita; calcopirita; calcita; argentita; thorianita; zircão; hidrox. de ferro.

**Descrição da Matriz:** A matriz mostra-se bastante alterada, sendo composta principalmente por massas e agregados de talco fino, e por vezes tabular com granulação média. A clorita é rara, apresentando cristais finos a médios com pleocroísmo de marrom claro a marrom escuro, sempre bastante alterados. A foliação é incipiente e de difícil observação.

**Descrição da Cromita:** As cromitas estão disseminadas na lâmina, ocorrendo na forma de cristais subhedrais com 1-3mm de diâmetro ou perfazendo agregados orbiculares (até 9 mm de diâmetro) com bordas irregulares e arredondadas. Estes agregados estão muito fraturados, sendo observadas fraturas radiais e especialmente concêntricas ao núcleo. Em alguns destes agregados é possível notar feições lineares e paralelas de fraturamento, atribuindo uma textura cataclástica às cromitas.

**Textura da Cromita:** disseminada; cataclástica/brechóide/de cisalhamento

**Amostra: CED - 47B**

Unidade Litológica: Cromitito

### **Macroscópica**

Cor da Matriz: Cinza - rosado

Textura da Cromita: Disseminada/Nodular pouco fraturada

Estrutura: Xistosa

### **Microscópica**

**Lâmina: CED - 47B**

Tipo: polida

Textura da Rocha: Pórfiro-lepdoblástica  
Estrutura da Rocha: Xistosa

Matriz: 45% (Talco 95%; Clorita 5%)  
Cromita: 55%

**Composição Mineralógica:** Cromita 55%; Talco 40%; Clorita 3%; Rutilo 2%; Hidrox. de ferro 1%;

**Descrição da Matriz:** A matriz é composta quase que inteiramente por talco, que ocorre na forma de massas e agregados finos ou como cristais mais bem desenvolvidos (até 1mm de comprimento) ripiformes ou tabulares. A clorita é raramente observada, sendo encontrados apenas cristais reliquiais em estado avançado de alteração para talco.

**Descrição da Cromita:** Nesta lâmina parece haver uma divisão longitudinal quanto à textura das cromitas. Na parte superior as cromitas encontram-se intensamente fragmentadas e com diâmetros relativamente pequenos (alguns mm), enquanto que na parte inferior as cromitas formam agregados nodulares extremamente bem arredondados, maciços ou fraturados, que atingem até 7 mm de diâmetro. Uma feição peculiar observada em alguns nódulos é a presença de vazios no núcleo da orbícula, enquanto que as bordas permanecem intactas (menos fragmentadas/alteradas). Outra estrutura observada é a aparência dos nódulos serem formados por agregados de cromitas subhedrais a euhedrais mais finas, com contatos pouco marcados (difusos). Na porção superior da lâmina parece haver um cristal de cromita com alteração ou zoneamento na borda (marcado pelo semi-círculo). São observadas ainda exsoluções de magnetita e/ou ilmenita prismática dentro das cromitas, e possivelmente inclusões de platinóides.

**Textura da Cromita:** Na parte superior :disseminada; Na parte inferior: "soccer ball"/nodular

**Amostra: CED - 47C**

Unidade Litológica: Cromitito

### **Macroscópica**

Cor da Matriz: Cinza claro - esbranquiçada  
Textura da Cromita: Nodular/de cisalhamento  
Estrutura: Xistosa

### **Microscópica**

**Lâmina: CED - 47C**

Tipo: polida

Textura da Rocha: Pórfiro-lepdoblástica  
Estrutura da Rocha: Xistosa

Matriz: 40% (Talco 90%; Clorita 10%; Gibbsita - traços)  
Cromita: 60%

**Composição Mineralógica:** Cromita 60%; Talco 34%; Clorita 5%; Rutilo 1%; Hidrox. de ferro tr.

### **Fases Acessórias (em traços)**

inclusas na cromita: esfalerita; tiemanita; barita; rutilo; talco; clorita; dolomita; monazita; arupita; sulfeto de As; NiS; magnetita; arsenopirita; pirita; flogopita; brucita

na matriz: zircão; rutilo (abundante); argentita

**Descrição da Matriz:** A matriz é composta quase que totalmente por talco, com granulação variando de fina a média, e ocasionalmente clorita. Em zonas com alteração proeminente, a clorita mostra grande quantidade de microinclusões, as quais parecem concentrar cristais de sulfetos. Prismas de rutilo disseminados são comuns.

**Descrição da Cromita:** As cromitas são em geral muito fraturadas, sendo nódulos maciços pouco frequentes. São anhedrais a subhedrais, com bordas arredondadas ou planas. Alguns nódulos maiores parecem ser agregados de cromitas euhedrais mais finas. Um padrão de fraturamento perpendicular à Sn pode ser claramente observado macroscopicamente. Tais fraturas compõem um par conjugado associado ao eixo de maior encurtamento (z). Os espaços das fraturas são preenchidos por talco fino da matriz. São observadas algumas exsoluções de magnetita e/ou ilmenita dentro das cromitas.

**Interpretação:** As duas famílias de fraturas possivelmente são um par cisalhante, sendo que a sua bissetriz aguda definiria portanto sigma 1. O talco que preenche as estas fraturas é provavelmente parte da matriz que foi empurrada para dentro das fraturas.

**Amostra: CED - 67**

Unidade Litológica: Ultramáficas

### **Macroscópica**

Cor: Verde escuro

Textura: Nematoblástica

Estrutura: Maciça

### **Microscópica**

**Lâmina: CED - 67**

Tipo: polida

Textura da Rocha: Nematoblástica

Estrutura da Rocha: Maciça-Xistosa

**Composição Mineralógica:** Hornblenda 97%; Plagioclásio cálcico 3%;

**Descrição:** A hornblenda apresenta granulação média a grossa e ocorre parcialmente alterada para tremolita. Os plagioclásios são raros e estão moderadamente alterados.

**Classificação Petrográfica:** Hornblendito

**Amostra: CED - 83**

Unidade Litológica: Anfibólio Xistos

## **Macroscópica**

Cor: Cinza esverdeado com pintas avermelhadas

Textura: Pórfiro-nematoblástica

Estrutura: xistosa a maciça

## **Microscópica**

**Lâmina: CED - 83**

Tipo: delgada

Textura da Rocha: Pórfiro-nematoblástica

Estrutura da Rocha: Xistosa

**Composição Mineralógica:** Hornblenda 60%; Epidoto 20%; Andesina 12%; Granada 5%; Tremolita 2%; Titanita+Leucoxênio 1%; Zircão tr.; Quartzo tr.

Descrição: A hornblenda ocorre como cristais tabulares de granulação média a grossa com forte pleocroísmo (amarelado, verde claro, verde escuro). A mesma está sendo alterada localmente para tremolita. Ocorre ainda plagioclásio do tipo andesina, que está sendo extensamente epidotizado. São encontrados também porfiroblastos de granada (até 3 mm) muito fraturados e com textura poiquiloblástica (com inclusões de plagioclásio e anfibólio). Cristais de titanita e leucoxênio são comuns e disseminados na lâmina. A andesina pode apresentar ainda bordas alteração de albita.

**Classificação Petrográfica:** Granada Epidoto Anfibólito

**Amostra: CED - 100**

Unidade Litológica: Cromitito

## **Macroscópica**

Cor da Matriz: Cinza esverdeado - azulado

Textura da Cromita: Nodular moderadamente fraturada

Estrutura: Xistosa

## **Microscópica**

**Lâmina: CED - 100**

Tipo: polida

Textura da Rocha: Pórfiro-lepidoblástica

Estrutura da Rocha: Xistosa

\*Matriz: 40% (Clorita 60%; Talco 40%)

\*Parte da matriz foi removida. Porcentagem estimada como se os vazios fossem anteriormente preenchidos pela matriz.

Cromita: 60%

**Composição Mineralógica:** Cromita 60%; Clorita 25%; Talco 14%; Rutilo 1%; Hidrox. de ferro tr.

### **Fases Acessórias (em traços)**

inclusas na cromita: flogopita; clorita; pirita; calcopirita; pentlandita; calcita; rutilo; uraninita; thorianita; **irarsita**

na matriz: rutilo; tiemanita; arsenopirita; ilmenita; esfalerita; thorianita; magnetita; barita

**Descrição da Matriz:** A matriz originalmente era composta quase que totalmente por ripas e cristais tabulares de granulação grossa de clorita, que apresentam ou não pleocroísmo fraco (incolor, amarelado até verde claro). O talco aparece como mineral de alteração, substituindo a clorita principalmente ao longo de fraturas observadas dentro e nas proximidades de grandes agregados orbiculares de cromita. A foliação principal S<sub>n</sub> está bem marcada pelos grandes cristais de clorita, sendo frequentes bastonetes e acículas de rutilo orientados segundo a xistosidade. Tal foliação é afetada ainda por microdobras (crenulações esparsas) oriundas de fases de deformação tardias (pós D<sub>n</sub>). Matriz bem preservada. Em algumas porções da matriz são observados minúsculos cristais (~1µm de largura e 10-20µm de comprimento) aciculares incolores, com aparente birrefringência baixa (aparecem apenas as cores dos minerais vizinhos). Estes cristais são entendidos com mais provavelmente apatita.

**Descrição da Cromita:** As cromitas mostram textura orbicular, atingindo até 1,4 cm de diâmetro. Tais nódulos podem estar bem preservados (maciços) até muito fraturados, sendo que no último caso, geralmente parecem ser formados por cristais menores de cromita, os quais apresentam bordas arredondadas a irregulares e raramente retas (subhedrais). Textura de cisalhamento com fraturas retilíneas paralelas que atravessam nódulos em seu diâmetro total também são reconhecidas. Raras exsoluções muito pequenas de ilmenita e magnetita são notadas.

**Textura da Cromita:** "soccer ball"; de cisalhamento

**Amostra: CED - 105A**

Unidade Litológica: Cromitito

### **Macroscópica**

Cor da Matriz: Cinza - esbranquiçado

Textura da Cromita: Nodular pouco fraturada

Estrutura: Xistosa

### **Microscópica**

**Lâmina: CED - 105A**

Tipo: polida

Textura da Rocha: Pórfiro-lepdoblástica

Estrutura da Rocha: Xistosa

Matriz: 60% (Talco 80%; Clorita 20%)

Cromita: 40%

**Composição Mineralógica:** Talco 45%; Cromita 40%; Clorita 14%; Rutilo 1%;

### **Fases Acessórias (em traços)**

inclusas na cromita: uraninita; clorita; zircão;

na matriz: hidrox. de ferro; zircão

**Descrição da Matriz:** A matriz é composta primordialmente por talco fino a médio que forma pequenos agregados fibrosos, muitas vezes com crescimento radial (caracterizando uma massa) e por clorita residual. A foliação Sn é bastante proeminente, sendo marcada por grandes cristais de clorita tabular (coloração amarelada-amarronzada, pouco ou não pleocróicos) e secundariamente por fibras de talco. As ripas de clorita também descrevem dobras fechadas a isoclinais Dn (plano axiais à foliação Sn), cujas charneiras são agudas a arredondadas e onde os minerais estão arqueados e com extinção ondulante (indicado pela seta). A foliação Sn é visivelmente ondulada por fases pós Dn.

**Descrição da Cromita:** As cromitas apresentam textura nodular, ora maciças ora bastante fraturadas. É nítido que estes nódulos são formados por agregados de cromita subhedral a euhedral de granulação mais fina, com contatos internos caracterizados por bordas retas. Estes cristais mais finos, por sua vez, apresentam comumente duas ou três direções de clivagem, gerando padrões ordenados. Tais estruturas são, em muitos casos, paralelas às bordas externas dos cristais, sendo possível que possam representar bordas sobrecrecidas. Fraturas radiais e concêntricas aos agregados são observadas, bem como, mesmo que menos frequentemente, textura cataclástica. Pequenas lamelas de exsolução, de magnetita e ilmenita, são comuns dentro das cromitas,. Foram ainda notadas inclusões sólidas de silicatos que apresentam formas prismáticas alongadas, muitas vezes definindo padrões ordenados nas cromitas.

**Textura da Cromita:** "soccer ball"; cataclástica

**Amostra:** CED - 105B

Unidade Litológica: Cromitito

### **Macroscópica**

Cor da Matriz: Cinza amarelado - rosado

Textura da Cromita: Nodular pouco fraturada

Estrutura: Xistosa

### **Microscópica**

**Lâmina:** CED - 105B

Tipo: polida

Textura da Rocha: Pórfiro-lepdoblástica

Estrutura da Rocha: Xistosa

Matriz: 60% (Talco 70%; Clorita 30%; Gibbsita - traços)

Cromita: 40%

**Composição Mineralógica:** Cromita 40%; Talco 40%; Clorita 18%; 2%; Rutilo 2-3%

### **Fases Acessórias (em traços)**

inclusas na cromita: dolomita; clorita; uraninita; NiS; apatita; barita; tiemanita; arsenopirita.

na matriz: zircão; baddeleyita; awaruita; huttonita

Obs: enorme abundância de rutilo disperso na matriz, geralmente de granulação grossa; micro inclusões de uraninita são relativamente comuns (>8 cristais na lâmina) e geralmente estão associadas a rutilo ou clorita; cristais de zircão são também muito comuns, possuindo, por vezes, formas geométricas.

**Descrição da Matriz:** A matriz é composta principalmente por talco de granulação fina a média e clorita grossa. A foliação Sn é extremamente bem marcada por grandes cristais tabulares de clorita (com pleocroísmo de castanho a marrom escuro) que estão sendo, ou já foram, quase totalmente alterados para talco. Ripas e bastonetes de opacos e rutilo também marcam/estão contidos na direção da xistosidade Sn.

**Descrição da Cromita:** As cromitas apresentam textura nodular, podendo estar pouco a fortemente fraturadas. As orbículas de cromita podem atingir até 1 cm de diâmetro, e aparentam ser formadas por agregados de cristais subhedrais a euhedrais (com bordas retilíneas) de cromita fina a média. Esta feição pode ser observada em vários graus de clareza, nos quais os contatos entre os grãos de cromita fina (que formam as orbículas) são mais, ou menos nítidos. Observa-se que nos nódulos menos fraturados e de aparência mais maciça (sem clivagens aparentes) os contatos são suaves a difusos, ao passo que, nas orbículas mais fraturadas os contatos são nítidos, retilíneos e bruscos. Inclusões sólidas estiradas ao longo de direções ordenadas dentro das cromitas são comuns.

**Textura da Cromita:** nodular; "soccer ball"; cataclástica

**Amostra: CED - 105C**

Unidade Litológica: Cromitito

### **Macroscópica**

Cor da Matriz: Cinza claro - esbranquiçado

Textura da Cromita: Nodular pouco fraturada/ Disseminada

Estrutura: Xistosa

### **Microscópica**

**Lâmina: CED - 105C**

Tipo: polida

Textura da Rocha: Pórfiro-lepdoblástica

Estrutura da Rocha: Xistosa

Matriz: 60% (Talco 90%; Clorita 10%)

Cromita: 40%

**Composição Mineralógica:** Talco 55%; Cromita 40%; Clorita 3%; Rutilo 2-3%;

### **Fases Acessórias (em traços)**

inclusas na cromita: clorita; zircão; galena; NiS; monazita; calkinsita; dolomita; magnesita; barita; rutilo; tiemanita

na matriz: flogopita; zircão; monazita; ouro;

**Descrição da Matriz:** A matriz é formada em sua quase totalidade por talco, o qual define a foliação principal Sn. O talco ocorre tanto na forma de massas finas, como fibras, ripas ou cristais tabuliformes, os quais apresentam granulação média a grossa e marcam a xistosidade principal. Tal xistosidade (Sn) se amolda aos nódulos de cromita. Prismas e bastonetes de rutilo são comuns, sendo de granulação fina e geralmente subhedrais, podendo estar orientados paralelamente à Sn. Ocorrem ainda minúsculas acículas de apatita sem orientação aparente (dispostas caoticamente).

**Descrição da Cromita:** As cromitas formam agregados de tamanhos <0,25 mm até 7 mm de diâmetro, com limites arredondados, sendo maciços ou intensamente fraturados (fraturas são geralmente preenchidas por talco), caracterizando assim uma textura nodular. A maioria dos nódulos parece ser formado por agregados de cristais euhedrais a subhedrais de cromita mais fina. Cristais de formas quadradas ou triangulares (euhedrais) disseminados na matriz são raros, apresentando bordas retilíneas e tamanhos reduzidos (<<1 mm). A presença de duas direções ordenadas dentro dos cristais finos de cromita é marcante. Fragmentos inframilimétricos de cromita mostram-se muitas vezes formando trilhas alinhadas segundo a direção de Sn. Podem ser ainda observadas inclusões sólidas estiradas concordantemente a direções ordenadas na mesma.

**Interpretação:** A fase Dn provavelmente deformou, estirou e reorientou os minerais, formando trilhas de fragmentos de cromita, e alinhando minerais prismáticos paralelamente à direção de maior estiramento.

**Textura da Cromita:** nodular/"soccer ball" com contatos retilíneos ou irregulares

**Amostra: CED - 106A**

Unidade Litológica: Cromitito

### **Macroscópica**

Cor da Matriz: Verde escuro

Textura da Cromita: Nodular muito fraturada

Estrutura: Xistosa

### **Microscópica**

**Lâmina: CED - 106A1**

Tipo: polida

Textura da Rocha: Pórfiro-lepdoblástica

Estrutura da Rocha: Xistosa

Matriz: 70% (Clorita 75%; Talco 25%)

Cromita: 30%

**Composição Mineralógica:** Clorita 50%; Cromita 30%; Talco 18%; Hidróx. de ferro 2%;

**Fases Acessórias (em traços)**

inclusas na cromita: clorita; flogopita; witherita

na matriz: óxido/hidróxido de Mn; monazita; rutilo

**Descrição da Matriz:** A matriz é dada por grandes cristais tabulares ou ripiformes de clorita que marcam a foliação principal Sn. A clorita está sendo alterada para talco, que forma massas de cristais finos, e por vezes, ripiformes ocasionalmente mostrando-se crenulados. Agregados de cristais de talco com crescimento radial são comuns.

**Descrição da Cromita:** As cromitas apresentam-se bastante fragmentadas (não são observados nódulos intactos) e anhedrais, sendo suas bordas muito irregulares. São submilimétricas a milimétricas atingindo no máximo 4 mm de diâmetro. Sua textura pode ser considerada como nodular muito fragmentada, o que lhe confere um aspecto de textura disseminada.

**Textura da Cromita:** nodular fragmentada = "disseminada"

**Amostra: CED - 106A**

Unidade Litológica: Cromitito

**Macroscópica**

Cor da Matriz: Verde escuro

Textura da Cromita: Nodular muito fraturada

Estrutura: Xistosa

**Microscópica**

**Lâmina: CED - 106A2**

Tipo: polida

Textura da Rocha: Pórfiro-lepdoblástica

Estrutura da Rocha: Xistosa

Matriz: 80% (Clorita 70%; Talco 20%; Hidróx. de ferro 10%)

Cromita: 20%

**Composição Mineralógica:** Clorita 60%; Cromita 20%; Talco 15%; Hidróx. de ferro 4%; Magnetita 1%;

**Fases Acessórias (em traços)**

inclusas na cromita: flogopita; galena; pentlandita; pirrotita;

na matriz: zircão; arsenopirita; calcopirita; ilmenita; thorianita

**Descrição da Matriz:** A matriz é composta principalmente por clorita que apresenta forte pleocroísmo (amarelado, amarelo-esverdeado, verde forte) e como até 2 mm de comprimento. Tais cristais estão sendo fortemente limonitizados (com exsoluções de ferro) e alterados para talco, que forma massas de granulação mais fina e de caráter fibroso (muitas vezes crenulados). Por vezes as cloritas apresentam-se repletas de inclusões de magnetita muito fina, e que está estirada segundo a clivagem da clorita..

**Descrição da Cromita:** As cromitas apresentam-se com textura nodular, sendo de diâmetros milimétricos a até 1 cm. Estas orbículas são de formato circular a elíptico, estando em ambos casos, intensamente fragmentadas apresentando especialmente fraturas concêntricas ao núcleo do agregado. Em geral os cristais apresentam superfície pouco corroída, e em alguns casos, pode-se observar contatos reliquiais retilíneos (difusos) dentro de agregados. Os cristais resultantes são anhedrais, e apresentam comumente inclusões sólidas de silicatos. Exsoluções são raras, e ocorrem na forma de "gotas" dentro das cromitas, tendo sido observadas pirrotita/pirita e magnetita.

**Textura da Cromita:** nodular fragmentada ; "soccer ball" muito incipiente

**Amostra: CED - 106B**

Unidade Litológica: Cromitito

### **Macroscópica**

Cor da Matriz: Cinza

Textura da Cromita: Nodular moderadamente fraturada

Estrutura: Xistosa

### **Microscópica**

**Lâmina: CED - 106B**

Tipo: polida

Textura da Rocha: Pórfiro-lepdoblástica

Estrutura da Rocha: Xistosa

\*Matriz: 50% (Clorita 60%; Talco 40%; Gibbsita - traços) \*boa parte da matriz foi removida.  
Porcentagem estimada como se os vazios fossem anteriormente preenchidos pela matriz.  
Cromita: 50%

**Composição Mineralógica:** Cromita 50%; \*Clorita 30%; \*Talco 20%.

### **Fases Acessórias (em traços)**

inclusas na cromita: barita; NiS; dolomita; clorita; pentlandita; arupita; argentita; cassiterita; rutilo; magnetita; pearceita; uraninita; arsenopirita;

na matriz: baddeleyita; pentlandita; rutilo; calcopirita; magnetita; esfalerita; hidróx. de ferro;

**Descrição da Matriz:** A matriz é formada por ripas e cristais tabulares de clorita grossa, com pleocroísmo fraco ou ausente (castanho claro a marrom) e moderadamente alterada, e secundariamente por fibras e ripas de talco grosso, além de massas de agregados finos. A

foliação Sn é uma xistosidade bem marcada pelos grandes cristais de clorita, e subordinadamente pelas fibras alongadas de talco. Esta xistosidade mostra-se bastante deformada, sendo comuns dobras Dn isoclinais a fechadas plano-paralelas à Sn, além de diversas feições de crenulação pós-Dn. No entanto, sua observação não é tão fácil devido ao grande número de cavidades e imperfeições na lâmina. As cloritas apresentam-se alteradas para talco em diversos graus, que vão desde finas fibras de talco paralelas à clivagem dentro da clorita, até a sua substituição lateral completa. Bastonetes e grânulos de rutilo são comuns, orientados ou não segundo Sn.

**Descrição da Cromita:** As cromitas são em geral pouco fraturadas (maciças), com textura nodular. Tais nódulos parecem ser formados por cristais de cromita subhedral a euhedral mais fina, com contatos internos retilíneos, mais ou menos nítidos. As bordas são em geral bem arredondadas, ocasionalmente irregulares, e nota-se fraturamento concêntrico e, por vezes, radial ao núcleo das orbículas. Tais nódulos são de formato circular a elípticos, raramente facetados.

**Textura da Cromita:** nodular; "soccer ball"

**Amostra: CED - 106C**

Unidade Litológica: Cromitito

### **Macroscópica**

Cor da Matriz: Cinza claro - rosado

Textura da Cromita: Nodular fraturada/ Disseminada

Estrutura: Xistosa

### **Microscópica**

**Lâmina: CED - 106C**

Tipo: polida

Textura da Rocha: Pórfiro-lepdoblástica

Estrutura da Rocha: Xistosa

\*Matriz: 60% (Talco 80%; Clorita 20%) \*boa parte da matriz foi removida. Porcentagem estimada como se os vazios fossem anteriormente preenchidos pela matriz.

Cromita: 40%

**Composição Mineralógica:** Cromita 40%; \*Talco 40%; Clorita 20%; Rutilo tr.-1%; Hidróx. de ferro tr.

**Descrição da Matriz:** Os cristais de clorita fibrosa são de granulação grossa e definem a foliação principal Sn. A clorita está muito alterada, ou sendo alterada para talco que, por sua vez, aparece como ripas/fibras de granulação média a grossa ou como agregados de cristais finos, sem orientação preferencial e frequentemente com crescimento radial. Observa-se também que ao redor das cromitas há uma concentração mais de talco. Bastonetes de rutilo são frequentes, podendo estar orientados ou não segundo Sn.

**Descrição da Cromita:** As cromitas são caracterizadas por nódulos maciços a muito fraturados, atestando assim uma textura nodular. Estes nódulos parecem ser formados por

agregados de cromitas subhedrais a euhedrais mais finas, preservando contatos internos retilíneos e por vezes, duas ou três direções bem ordenadas. As orbículas são geralmente bem arredondadas, sendo rara a presença de cristais subhedrais com bordas retas. São observados ainda dois padrões de fraturamento, um radial e outro concêntrico (que se assemelha ao processo de alteração esferoidal comum em blocos de basalto) aos centros dos nódulos.

**Textura da Cromita:** nodular fragmentada; "soccer ball"

**Amostra:** CED - 106D

Unidade Litológica: Cromitito

### **Macroscópica**

Cor da Matriz: Cinza - rosado

Textura da Cromita: Nodular bastante fraturada

Estrutura: Xistosa

### **Microscópica**

**Lâmina:** CED - 106D

Tipo: polida

Textura da Rocha: Pórfiro-lepdoblástica

Estrutura da Rocha: Xistosa

\*Matriz: 60% (Talco 75%; Clorita 25%) \*boa parte da matriz foi removida.

Porcentagem estimada como se os vazios fossem anteriormente preenchidos pela matriz.

Cromita: 40%

**Composição Mineralógica:** \*Talco 45%; Cromita 40%; Clorita 14%; Rutilo 1%;

### **Fases Acessórias (em traços)**

inclusas na cromita: hornblenda; titanita; esfalerita; pentlandita; NiS; pirrotita; monazita; rutilo; uraninita;

na matriz: zircão;

**Descrição da Matriz:** A matriz é formada basicamente por massas de talco compostas de agregados finos com crescimento radial. A foliação Sn é uma xistosidade bem marcada pelas cloritas reliquias. As cloritas são de granulação grossa e mostram pleocroísmo castanho claro a amarronzado, estando muito alteradas ou alterando-se para talco.

**Descrição da Cromita:** As cromitas formam nódulos que mostram-se majoritariamente bastante fragmentados (textura nodular/cataclástica). Tais nódulos, por vezes parecem ser agregados de cromitas euhedrais a subhedrais de granulação mais fina, os quais preservam contatos internos retilíneos. As orbículas apresentam formatos circulares a elípticos, sempre muito cisalhados e deformados. Inclusões sólidas de silicatos são também comuns dentro das cromitas, assumindo formas prismáticas a alongadas, muitas vezes estirados segundo direções bem definidas do cristal.

**Textura da Cromita:** nodular fragmentada/cataclástica

**Amostra:** CED - 106E

Unidade Litológica: Cromitito

### **Macroscópica**

Cor da Matriz: Cinza - rosado

Textura da Cromita: Nodular fraturada/ Disseminada

Estrutura: Xistosa

### **Microscópica**

**Lâmina:** CED - 106E

Tipo: polida

Textura da Rocha: Pórfiro-lepdoblástica

Estrutura da Rocha: Xistosa

\*Matriz: 70% (Talco 75%; Clorita 25%) \*praticamente toda a matriz foi removida.  
Porcentagem estimada como se os vazios fossem anteriormente preenchidos pela matriz.  
Cromita: 30%

**Composição Mineralógica:** \*Talco 50%; Cromita 30%; \*Clorita 16%; \*Rutilo 2%; \*Hidróx. de ferro 2%;

### **Fases Acessórias (em traços)**

inclusas na cromita: clorita; rutilo; magnetita;

na matriz: \*

**Descrição da Matriz:** No pouco que foi preservado da matriz, pode-se caracterizá-la como composta essencialmente por talco. Este forma agregados finos e ripas de granulação média. A foliação Sn é uma xistosidade bem marcada principalmente pelos grandes cristais tabulares de clorita (muito alterada) e, subordinadamente, talco. É notável a presença de cristais prismáticos de até 0,2 mm de comprimento de rutilo, muitas vezes orientados concordantemente à foliação.

**Descrição da Cromita:** As cromitas apresentam-se intensamente fraturadas, com nódulos também fortemente fraturados. A textura dominante é a de cisalhamento ou cataclástica, e secundariamente nodular. As fraturas são orientadas preferencialmente de modo ortogonal à direção da foliação Sn (fraturas de extensão). Exsoluções de ripas de magnetita dentro da cromita são comuns.

**Textura da Cromita:** de cisalhamento/nodular fragmentada

**Amostra:** CED - 140A

Unidade Litológica: Ultramáficas

### **Macroscópica**

Cor: clara amarelada

Textura: lepidoblástica  
Estrutura: xistosa

### Microscópica

**Lâmina: CED - 140A**

Tipo: polida

Textura da Rocha: Pórfiro-lepidoblástica  
Estrutura da Rocha: Xistosa

**Composição Mineralógica:** Talco 80%; Clorita 10%; Minerais Aluminosos 7%; Cr-Magnetita 2%; Ilmenita 1%; Calcopirita - tr.; Dolomita - tr.; Flogopita - tr.; Brucita - tr.;

### Descrição:

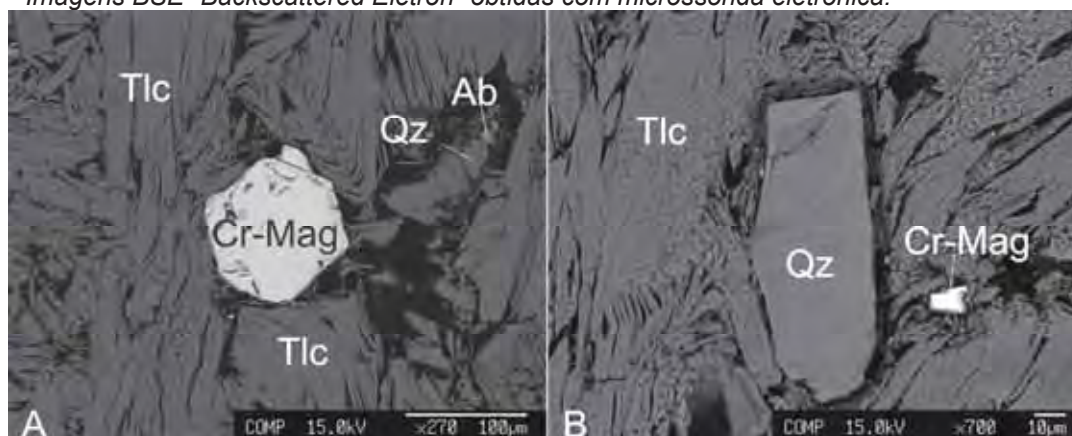
A rocha é composta basicamente por cristais placóides de talco que definem a foliação principal Sn, e minerais aluminosos. Cristais finos a médios, euhedrais a subhedrais e porfiroblastos de magnetita rica em cromo e ilmenita são extremamente comuns. Os porfiroblastos maiores apresentam mais cromo que os cristais menores. Foram reconhecidos também xenocristais de quartzo e albita (Fig.1).

### Interpretação:

Os minerais aluminosos são provenientes da alteração da clorita. Os teores mais elevados de Cr nos grandes porfiroblastos de magnetita poderiam atestar que estes eram anteriormente cromitas, agora quase totalmente alteradas para magnetitas ricas em cromo ou ferritcromitas. A presença de xenocristais de quartzo e albita atesta que a rocha sofreu alteração hidrotermal tardia, resultante da percolação de fluídos provavelmente ácidos.

Classificação Petrográfica: Clorita Talco Xisto

*Fig. 1 - Imagens BSE "Backscattered Eletron" obtidas com microsonda eletrônica.*



A - Cristal hexagonal euhedral de magnetita cromífera imerso na matriz talcosa. São observados ainda xenocristais de albita e quartzo a NE da foto; B - Xenocristal de quartzo com fraturas conchoideais incluso na matriz rica em talco. Abreviações: Ab = albita; Cr-Mag = magnetita cromífera; Qz = quartzo; Tlc = talco.

**Amostra: CED - 169**

Unidade Litológica: Ultramáficas

### **Macroscópica**

Cor: esverdeada

Textura: lepidoblástica

Estrutura: xistosa

### **Microscópica**

**Lâmina: CED - 169**

Tipo: polida

Textura da Rocha: Pórfiro-lepido-nematoblástica

Estrutura da Rocha: Xistosa

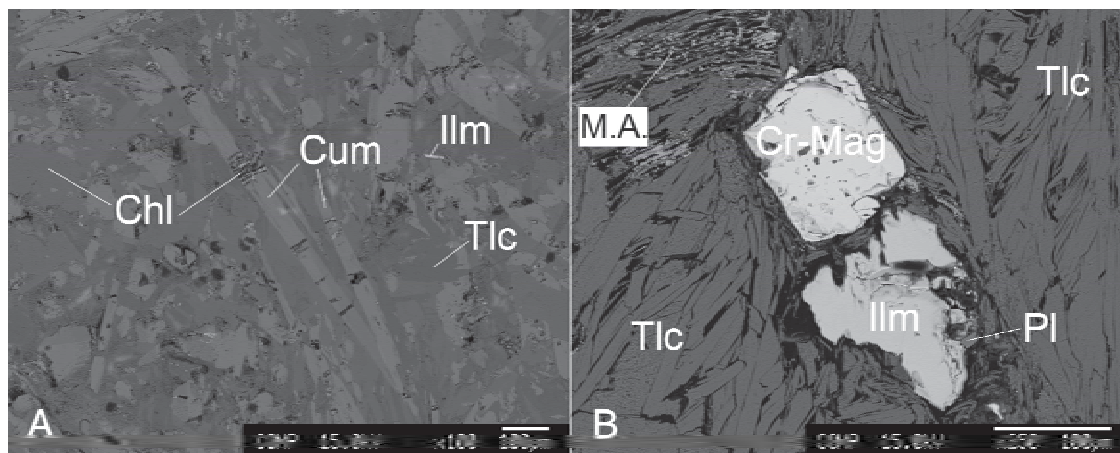
**Composição Mineralógica:** Cummingtonita 60%; Talco 25%; Clorita 10%; Ilmenita 3%; Magnetita 2%; Baddeleyita - tr.; Zircão - tr.; Calcopirita - tr.; Cromita - tr.; Pirita - tr.; Pentlandita - tr.; Esfalerita - tr.; Barita - tr.; Columbita - tr.; Rutilo - tr.; Huttonita - tr.; Cassiterita - tr.;

### **Descrição:**

A rocha é formada basicamente por acículas e ripas (granulação média a grossa) de anfibólios ferro-magnesianos (cummingtonita com ferro) que definem a foliação principal Sn, além de talco e clorita placóide. Nota-se claramente que os anfibólios estão sendo alterados para clorita, bem como exsoluções de magnetita, provavelmente relacionadas ao mesmo processo. É marcante a presença de porfiroblastos de ilmenita (muito comuns), por vezes com exsoluções de rutilo, e também de magnetita comumente associada. A magnetita está sendo fortemente martitizada, e apresenta frequentes inclusões de pirita. Microinclusões de zircão (1-5  $\mu\text{m}$ ) e baddeleyita nos silicatos são bastante comuns, e raramente em ilmenita. Foram ainda reconhecidas inclusões de sulfetos, 2 cristais diminutos (<1  $\mu\text{m}$ ) de huttonita ( $\text{ThSiO}_4$ ) e ainda um microcristal de columbita rica em tântalo.

**Classificação Petrográfica:** Talco Clorita Cummingtonita Xisto

*Fig. 1 - Imagens BSE "Backscattered Eletron" obtidas com microsonda eletrônica.*



*A - Fenocristais de cummingtonita com faixas perpendiculares ao seu maior comprimento compostas por clorita de alteração; B - Porfiroblastos de Cr-magnetita e ilmenita imersos em matriz rica em talco. No canto NW da foto é possível observar minerais aluminosos secundários e no centro-leste, em contato com o porfiroblasto de ilmenita, um xenocristal de plagioclásio. Lâmina CED-169. Abreviações: Chl = clorita; Cr-Mag = magnetita cromífera; Cum = cummingtonita; Ilm = ilmenita; Pl = plagioclásio; M.A. = minerais aluminosos; Tlc = talco.*

**Amostra: CED - 182**

Unidade Litológica: Anfibólio Xistos

### Macroscópica

Cor: clara esverdeada a alaranjada  
 Textura: pórfiro-nematoblástica  
 Estrutura: bandada/xistosa

### Microscópica

**Lâmina: CED - 182**

Tipo: polida

Textura da Rocha: Pórfiro-nematoblástica

Estrutura da Rocha: Bandamento Composicional/ Xistosa

**Composição Mineralógica:** Fe-Hornblenda 30%; Cummingtonita-Grunerita 25%; Magnetita 20%; Quartzo 20%; Almandina 5%; Monazita- tr. ; Zircão - tr. ; Pirita- tr. ; Barita - tr. ;

Descrição :

A lâmina apresenta um bandamento composicional dado pela intercalação de camadas ricas em anfibólios, e ricas em quartzo e magnetita. Os anfibólios apresentam granulação grossa e definem a xistosidade Sn. Existem dois tipos de anfibólio: cummingtonita-grunerita e hornblenda. Os anfibólios da série cummingtonita-grunerita apresentam teores praticamente equivalentes de Mg e Fe, sendo ligeiramente mais magnesianos (tendem a cummingtonita). A hornblenda, por sua vez, é rica em Fe. Existem alguns porfiroblastos bastante alterados de almandina, que pode conter traços de Mn e Ca. As magnetitas apresentam-se também na

forma de porfiroblastos bastante estirados segundo a foliação, e aparentam estar sendo martitizadas. Foram encontrados ainda dois cristais diminutos de monazita rica em Nd.

**Classificação Petrográfica:** Granada Magnetita Anfibólio Xisto

**Amostra:** CED - 184

Unidade Litológica: Mica Xistos

#### **Macroscópica**

Cor: vermelha

Textura: lepidoblástica

Estrutura: xistosa

#### **Microscópica**

**Lâmina:** CED - 184

Tipo: Delgada

Textura da Rocha: Grano-lepidoblástica

Estrutura da Rocha: Xistosa

**Composição Mineralógica:** Biotita 85%; Muscovita 10%; Quartzo 5%.

Descrição:

A rocha é formada basicamente por biotitas muito alteradas (de coloração vermelha) que provavelmente liberaram boa parte de seu Fe, resultando na formação de hidróxidos de ferro que conferem à lâmina uma coloração vermelha intensa. O quartzo por vezes apresenta coloração azul.

**Classificação Petrográfica:** Muscovita Biotita Xisto

**Amostra:** CED - BP5

Unidade Litológica: Mica Xistos

#### **Macroscópica**

Cor: vermelha

Textura: grano-lepidoblástica

Estrutura: xistosa

#### **Microscópica**

**Lâmina:** CED - BP5

Tipo: delgada

Textura da Rocha: Grano-lepidoblástica

Estrutura da Rocha: Xistosa

**Composição Mineralógica:** Quartzo 65%; Biotita 20%; Muscovita 15%; Anfibólio - tr.; Hidróxidos de ferro - tr.;

Descrição:

A rocha é composta basicamente por quartzo de granulação média (recristalizado e estirado segundo a foliação Sn) e grandes ripas de biotita intensamente alteradas que definem a foliação Sn. Subordinadamente ocorrem também muscovitas de granulação fina definindo Sn.

**Classificação Petrográfica:** Muscovita Biotita Quartzo Xisto

Amostra: CED - BP7

Unidade Litológica: Cromitito

### **Macroscópica**

Cor da Matriz: Cinza amarelada - rosado

Textura da Cromita: Nodular fraturada/ Disseminada

Estrutura: Xistosa

### **Microscópica**

**Lâmina: CED - BP7**

Tipo: polida

Textura da Rocha: Pórfiro-lepdoblástica

Estrutura da Rocha: Xistosa

\*Matriz: ~70% (Clorita 75%; Talco 25%) \*praticamente toda a matriz foi removida.

Porcentagem estimada como se os vazios fossem anteriormente preenchidos pela matriz.

Cromita: 30%

**Composição Mineralógica:** \*Clorita 50%; Cromita 30%; \*Talco 20%; Hidrox. de ferro tr.; Magnetita tr.; Ilmenita tr.; NiS tr.; Rutilo tr.;

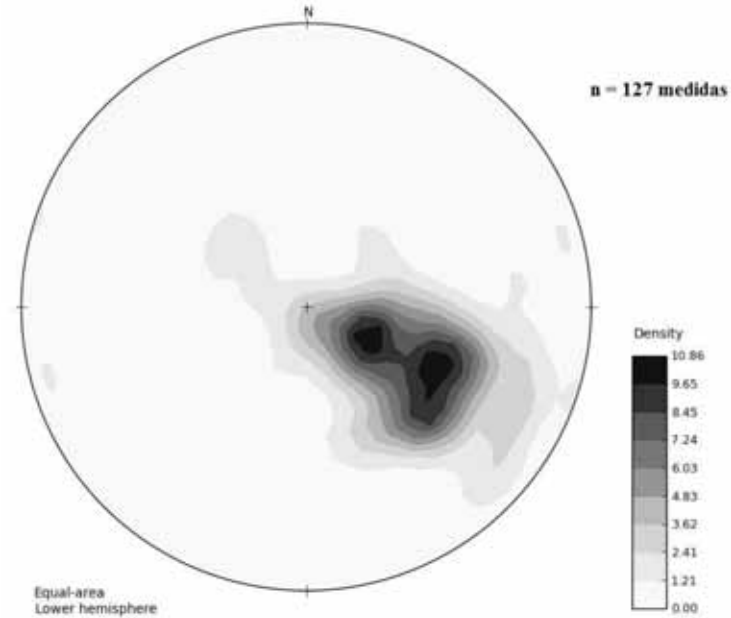
**Descrição da Matriz:** A matriz está praticamente ausente, aparecendo apenas preenchendo fraturas dentro das cromitas. É composta basicamente por grandes cristais tabulares de clorita pleocróica (incolor-amarelada-marrom) e com extinção reta (kammererita) e subordinadamente talco de alteração.

**Descrição da Cromita:** São em geral fraturadas, com raros nódulos maciços com textura "soccer ball" (orbículas formadas por agregados de cristais mais finos de cromita euhedral a subhedral que mostram contatos retos, aparentando textura cumulática). É marcante a quantidade de lamelas, ripas e "gotas" de exsolução dentro das cromitas, compostas por magnetita, ilmenita e NiS.

**Textura da Cromita:** "soccer ball"

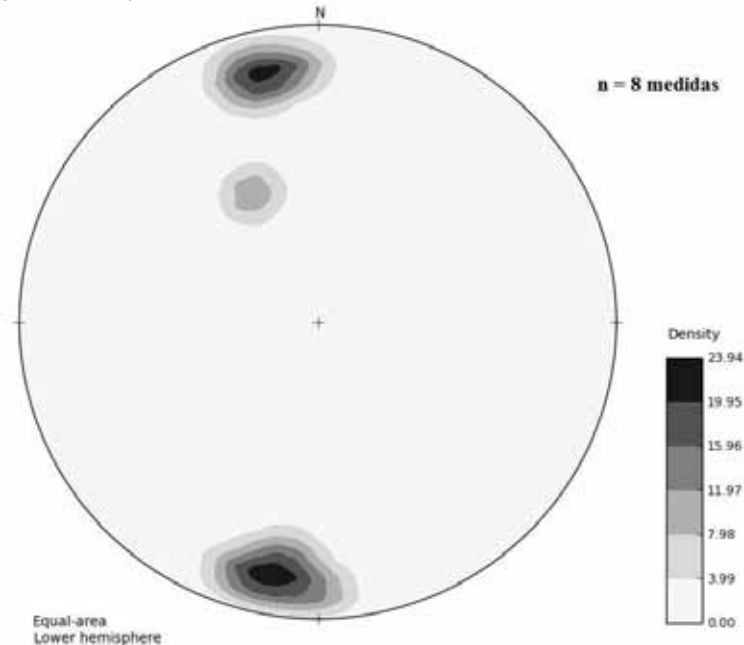
## APÊNDICE E - ESTEREOGRAMAS

Fig.1 - Estereograma dos pólos dos planos marcados pela foliação  $S_n$ .



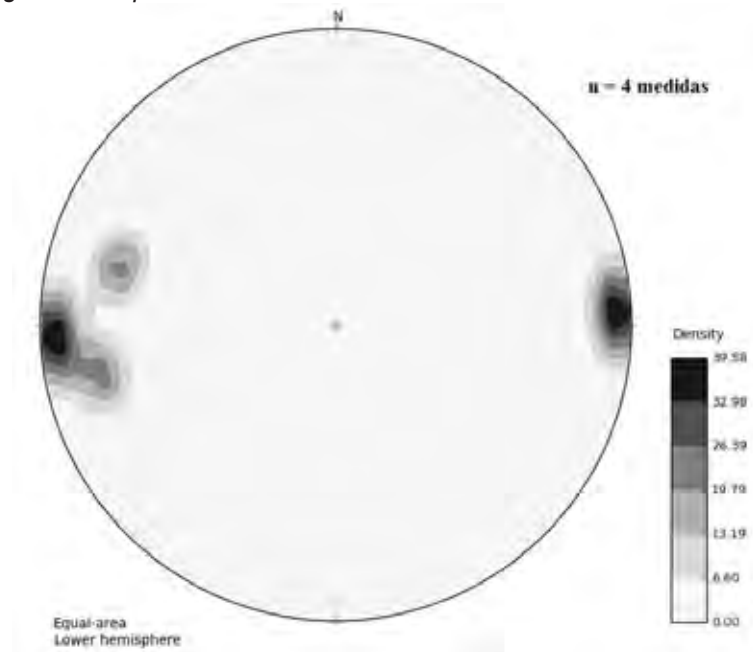
Uma família bem definida de atitude  $N30E/20NW$ . Número de medidas  $n = 127$ .

Fig. 2 - Estereograma dos pólos de eixos  $D_{n+1}$ .



Duas famílias bem definidas, uma mergulhando para NNW ( $N345/15$ ) e outra para SSW ( $N190/15$ ). Número de medidas  $n = 8$ .

Fig. 3 - Estereograma dos pólos de eixos  $Dn+2$ .



Uma família bem definida (N265/7). Número de medidas  $n = 4$ .

## APÊNDICE F - CONDIÇÕES ANALÍTICAS

### Análises de Cromita

Instrument: Superprobe Jeol JXA 8200 installed at the “Eugen F. Stumpfl Laboratory” at Leoben University (Austria).

Conditions: 15 kV accelerating voltage, 10 nA beam current, 20 and 10 seconds counting times (on the peak and backgrounds respectively).

| <i>Elements</i> | <i>X-ray line</i> | <i>Analyzing crystal</i> | <i>Standard</i> | <i>Detection limit (ppm)</i> |
|-----------------|-------------------|--------------------------|-----------------|------------------------------|
| Mg              | Ka                | TAP                      | Olivine         | 136                          |
| Fe              | Ka                | LIFH                     | Magnetite       | 381                          |
| Cr              | Ka                | LIFH                     | Chromite        | 393                          |
| Al              | Ka                | TAP                      | Chromite        | 181                          |
| Ti              | Ka                | LIFH                     | Ilmenite        | 348                          |
| Mn              | Ka                | PETJ                     | Rhodonite       | 303                          |
| V               | Ka                | LIFH                     | Native V        | 402                          |

### Análises de Silicatos

Instrument: Superprobe Jeol JXA 8200 installed at the “Eugen F. Stumpfl Laboratory” at Leoben University (Austria).

Conditions: 15 kV accelerating voltage, 10 nA beam current, 20 and 10 seconds counting times (on the peak and backgrounds respectively).

| <i>Elements</i> | <i>X-ray line</i> | <i>Analyzing crystal</i> | <i>Standard</i> | <i>Detection limit (ppm)</i> |
|-----------------|-------------------|--------------------------|-----------------|------------------------------|
| F               | Ka                | LDE1                     | F-Phlogopite    | 669                          |
| Al              | Ka                | TAP                      | Labradorite     | 167                          |
| Ti              | Ka                | LIFH                     | Ilmenite        | 120                          |
| Si              | Ka                | PETH                     | Wollastonite    | 107                          |
| Mg              | Ka                | TAP                      | Olivine         | 164                          |
| Cl              | Ka                | PETH                     | Atacamite       | 36                           |
| Ca              | Ka                | PETH                     | Wollastonite    | 85                           |
| Na              | Ka                | TAP                      | Albite          | 146                          |
| Mn              | Ka                | PETJ                     | Rhodonite       | 224                          |
| Fe              | Ka                | LIFH                     | Kaersutite      | 243                          |
| Cr              | Ka                | LIFH                     | Chromite        | 234                          |
| K               | Ka                | PETH                     | F-Phlogopite    | 64                           |
| Ni              | Ka                | LIFH                     | NiS             | 319                          |

## **Análises de Rutilo**

Instrument: Superprobe Jeol JXA 8200 installed at the “Eugen F. Stumpfl Laboratory” at Leoben University (Austria).

Conditions: 20 kV accelerating voltage, 30 nA beam current, 60 and 30 seconds counting times (on the peak and backgrounds respectively)

| <i>Elements</i> | <i>X-ray line</i> | <i>Analyzing crystal</i> | <i>Standard</i> | <i>Detection limit (ppm)</i> |
|-----------------|-------------------|--------------------------|-----------------|------------------------------|
| Mg              | Ka                | TAP                      | Olivine         | 27                           |
| Nb              | La                | PETJ                     | Native Nb       | 108                          |
| Cr              | Ka                | LIFH                     | Chromite        | 44                           |
| Ti              | Ka                | LIFH                     | Rutile          | 105                          |
| Al              | Ka                | TAP                      | Albite          | 31                           |
| Mn              | Ka                | PETJ                     | Rhodonite       | 96                           |
| W               | La                | LIFH                     | Native W        | 137                          |
| Fe              | Ka                | LIFH                     | Magnetite       | 32                           |
| Zr              | La                | PETJ                     | Zircon          | 121                          |
| V               | Ka                | LIFH                     | Native V        | 33                           |

APÊNDICE G - ANÁLISES DE MICROSSONDA ELETRÔNICA

Análises de Cromita

b.d.l. = abaixo do limite de detecção

| Amostrat/<br>Análise (CED) | wt%    |      |       |       |       |      |      |       |      |        | at%    |        |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|----------------------------|--------|------|-------|-------|-------|------|------|-------|------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                            | SiO2   | TiO2 | Al2O3 | FeO   | Fe2O3 | MgO  | MnO  | Cr2O3 | V2O3 | Total  | Si     | Ti     | Al    | Fe2   | Fe3   | Mg    | Mn    | Cr    | V     | R2    | R3    |
| 106A2chr1                  | b.d.l. | 0.10 | 8.41  | 31.73 | 8.62  | 1.00 | 0.59 | 50.91 | 0.14 | 101.49 | b.d.l. | 0.003  | 0.349 | 0.933 | 0.228 | 0.052 | 0.018 | 1.415 | 0.002 | 1.003 | 1.997 |
| 106A2chr2                  | b.d.l. | 0.13 | 6.86  | 31.46 | 10.99 | 0.82 | 0.66 | 49.79 | 0.12 | 100.83 | b.d.l. | 0.003  | 0.289 | 0.940 | 0.296 | 0.044 | 0.020 | 1.407 | 0.002 | 1.004 | 1.996 |
| 106A2chr4                  | 0.02   | 0.07 | 6.98  | 31.22 | 8.49  | 1.08 | 0.58 | 52.41 | 0.13 | 100.96 | 0.001  | 0.002  | 0.293 | 0.928 | 0.227 | 0.057 | 0.018 | 1.473 | 0.002 | 1.003 | 1.996 |
| 106A2chr5                  | b.d.l. | 0.11 | 9.44  | 31.13 | 8.77  | 1.37 | 0.58 | 49.24 | 0.18 | 100.81 | b.d.l. | 0.003  | 0.391 | 0.915 | 0.232 | 0.071 | 0.017 | 1.368 | 0.003 | 1.004 | 1.996 |
| 106A2chr6                  | 0.01   | 0.07 | 7.83  | 31.20 | 9.02  | 1.10 | 0.59 | 50.73 | 0.14 | 100.67 | b.d.l. | 0.002  | 0.328 | 0.927 | 0.241 | 0.058 | 0.018 | 1.424 | 0.002 | 1.003 | 1.997 |
| 106A2chr7                  | 0.02   | 0.06 | 8.93  | 30.81 | 8.94  | 1.47 | 0.63 | 49.78 | 0.17 | 100.81 | 0.001  | 0.002  | 0.371 | 0.907 | 0.237 | 0.077 | 0.019 | 1.385 | 0.002 | 1.003 | 1.996 |
| 106A2chr8                  | 0.01   | 0.09 | 9.37  | 30.96 | 9.04  | 1.45 | 0.68 | 49.35 | 0.13 | 101.08 | b.d.l. | 0.002  | 0.387 | 0.907 | 0.238 | 0.076 | 0.020 | 1.367 | 0.002 | 1.003 | 1.996 |
| 106A2chr9                  | 0.01   | 0.13 | 8.37  | 31.10 | 9.73  | 1.15 | 0.70 | 49.20 | 0.18 | 100.55 | b.d.l. | 0.003  | 0.350 | 0.923 | 0.260 | 0.061 | 0.021 | 1.380 | 0.003 | 1.004 | 1.995 |
| 106A2chr10                 | 0.05   | 0.16 | 7.95  | 31.25 | 8.95  | 1.13 | 0.60 | 50.36 | 0.14 | 100.59 | 0.002  | 0.004  | 0.333 | 0.928 | 0.239 | 0.060 | 0.018 | 1.414 | 0.002 | 1.006 | 1.992 |
| 106A2chr11                 | 0.03   | 0.17 | 8.40  | 31.52 | 10.11 | 1.06 | 0.62 | 48.94 | 0.14 | 100.99 | 0.001  | 0.005  | 0.350 | 0.932 | 0.269 | 0.056 | 0.019 | 1.367 | 0.002 | 1.006 | 1.993 |
| 106A2chr12                 | b.d.l. | 0.22 | 7.71  | 31.22 | 11.09 | 1.15 | 0.61 | 48.66 | 0.18 | 100.85 | b.d.l. | 0.006  | 0.323 | 0.927 | 0.296 | 0.061 | 0.018 | 1.366 | 0.003 | 1.007 | 1.993 |
| 106A2chr13                 | 0.08   | 0.41 | 4.54  | 31.77 | 18.66 | 0.74 | 0.65 | 44.71 | 0.22 | 101.78 | 0.003  | 0.011  | 0.192 | 0.955 | 0.505 | 0.039 | 0.020 | 1.271 | 0.003 | 1.015 | 1.983 |
| 106A2chr14                 | 0.09   | 0.12 | 7.84  | 31.56 | 10.18 | 0.99 | 0.58 | 49.39 | 0.10 | 100.85 | 0.003  | 0.003  | 0.328 | 0.937 | 0.272 | 0.052 | 0.017 | 1.386 | 0.001 | 1.007 | 1.990 |
| 106A2chr15                 | b.d.l. | 0.14 | 8.12  | 31.24 | 9.09  | 1.07 | 0.65 | 50.17 | 0.10 | 100.58 | b.d.l. | 0.004  | 0.340 | 0.928 | 0.243 | 0.057 | 0.020 | 1.408 | 0.001 | 1.004 | 1.996 |
| 106A2chr16                 | b.d.l. | 0.06 | 8.43  | 31.40 | 9.47  | 1.09 | 0.60 | 49.89 | 0.13 | 101.07 | b.d.l. | 0.002  | 0.351 | 0.927 | 0.252 | 0.057 | 0.018 | 1.392 | 0.002 | 1.002 | 1.998 |
| 106A2chr17                 | 0.05   | 0.11 | 8.25  | 31.24 | 10.29 | 1.12 | 0.56 | 48.60 | 0.16 | 100.36 | 0.002  | 0.003  | 0.346 | 0.929 | 0.275 | 0.059 | 0.017 | 1.367 | 0.002 | 1.005 | 1.993 |
| 106A2chr18                 | 0.02   | 0.59 | 2.82  | 31.93 | 21.85 | 0.55 | 0.61 | 43.50 | 0.15 | 102.00 | 0.001  | 0.016  | 0.121 | 0.969 | 0.596 | 0.030 | 0.019 | 1.247 | 0.002 | 1.017 | 1.982 |
| 106A2chr19                 | 0.04   | 0.19 | 8.45  | 31.60 | 8.69  | 1.08 | 0.68 | 50.45 | 0.17 | 101.35 | 0.001  | 0.005  | 0.350 | 0.930 | 0.230 | 0.057 | 0.020 | 1.404 | 0.002 | 1.007 | 1.992 |
| 106A2chr20                 | 0.01   | 0.02 | 7.22  | 31.35 | 8.59  | 1.03 | 0.62 | 52.43 | 0.10 | 101.38 | b.d.l. | b.d.l. | 0.301 | 0.928 | 0.229 | 0.055 | 0.019 | 1.467 | 0.001 | 1.001 | 1.999 |
| 106A2chr21                 | 0.01   | 0.15 | 5.29  | 31.28 | 13.49 | 0.87 | 0.65 | 49.32 | 0.20 | 101.25 | b.d.l. | 0.004  | 0.224 | 0.939 | 0.364 | 0.047 | 0.020 | 1.399 | 0.003 | 1.005 | 1.994 |
| 106A2chr22                 | 0.03   | 0.12 | 7.55  | 31.39 | 10.42 | 1.01 | 0.63 | 49.67 | 0.15 | 100.97 | 0.001  | 0.003  | 0.316 | 0.932 | 0.279 | 0.054 | 0.019 | 1.394 | 0.002 | 1.005 | 1.994 |
| 106A2chr23                 | b.d.l. | 0.13 | 7.20  | 31.18 | 11.14 | 1.00 | 0.68 | 49.30 | 0.11 | 100.73 | 0.000  | 0.003  | 0.303 | 0.930 | 0.299 | 0.053 | 0.020 | 1.390 | 0.002 | 1.004 | 1.996 |
| 106A2chr24                 | 0.04   | 0.26 | 8.71  | 31.38 | 9.50  | 1.14 | 0.63 | 48.68 | 0.15 | 100.49 | 0.002  | 0.007  | 0.364 | 0.930 | 0.253 | 0.060 | 0.019 | 1.363 | 0.002 | 1.009 | 1.989 |
| 106A2chr25                 | 0.03   | 0.22 | 7.37  | 31.41 | 12.17 | 0.96 | 0.69 | 47.85 | 0.16 | 100.85 | 0.001  | 0.006  | 0.310 | 0.936 | 0.326 | 0.051 | 0.021 | 1.347 | 0.002 | 1.007 | 1.992 |
| 106A2chr26                 | b.d.l. | 0.23 | 7.65  | 31.16 | 10.82 | 1.14 | 0.67 | 48.94 | 0.15 | 100.74 | b.d.l. | 0.006  | 0.320 | 0.926 | 0.289 | 0.060 | 0.020 | 1.375 | 0.002 | 1.007 | 1.993 |
| 106A2chr27                 | 0.03   | 0.17 | 8.29  | 31.61 | 9.57  | 1.02 | 0.60 | 49.60 | 0.13 | 101.04 | 0.001  | 0.005  | 0.346 | 0.934 | 0.255 | 0.054 | 0.018 | 1.386 | 0.002 | 1.006 | 1.993 |
| 106A2chr28                 | b.d.l. | 0.14 | 8.48  | 31.27 | 9.03  | 1.13 | 0.57 | 49.72 | 0.16 | 100.51 | 0.000  | 0.004  | 0.355 | 0.928 | 0.241 | 0.060 | 0.017 | 1.394 | 0.002 | 1.004 | 1.996 |
| 106A2chr29                 | 0.02   | 0.28 | 8.50  | 31.33 | 9.39  | 1.11 | 0.60 | 48.74 | 0.22 | 100.18 | 0.001  | 0.008  | 0.357 | 0.932 | 0.251 | 0.059 | 0.018 | 1.371 | 0.003 | 1.009 | 1.990 |
| 106A2chr30                 | 0.04   | 0.22 | 8.51  | 31.30 | 8.91  | 1.15 | 0.55 | 49.37 | 0.16 | 100.22 | 0.001  | 0.006  | 0.357 | 0.931 | 0.238 | 0.061 | 0.017 | 1.387 | 0.002 | 1.008 | 1.991 |
| 105Cchr1                   | 0.06   | 0.02 | 5.84  | 24.30 | 2.70  | 5.04 | 0.60 | 59.93 | 0.14 | 98.62  | 0.002  | 0.001  | 0.244 | 0.719 | 0.072 | 0.266 | 0.018 | 1.677 | 0.002 | 1.003 | 1.995 |
| 105Cchr2                   | 0.04   | 0.05 | 5.20  | 24.43 | 3.24  | 5.00 | 0.65 | 60.60 | 0.14 | 99.34  | 0.001  | 0.001  | 0.216 | 0.721 | 0.086 | 0.263 | 0.019 | 1.690 | 0.002 | 1.003 | 1.995 |
| 105Cchr3                   | 0.05   | 0.02 | 5.51  | 24.84 | 2.85  | 4.78 | 0.63 | 60.43 | 0.21 | 99.31  | 0.002  | b.d.l. | 0.229 | 0.733 | 0.076 | 0.251 | 0.019 | 1.686 | 0.003 | 1.003 | 1.995 |
| 105Cchr4                   | 0.15   | 0.02 | 5.40  | 23.93 | 3.42  | 5.45 | 0.62 | 60.25 | 0.16 | 99.40  | 0.005  | 0.001  | 0.223 | 0.703 | 0.090 | 0.285 | 0.018 | 1.672 | 0.002 | 1.006 | 1.989 |
| 105Cchr5                   | 0.05   | 0.08 | 5.92  | 25.03 | 2.61  | 4.84 | 0.62 | 60.55 | 0.13 | 99.84  | 0.002  | 0.002  | 0.245 | 0.733 | 0.069 | 0.253 | 0.018 | 1.676 | 0.002 | 1.004 | 1.994 |
| 105Cchr7                   | 0.08   | 0.04 | 4.85  | 24.52 | 3.33  | 4.99 | 0.66 | 61.15 | 0.05 | 99.66  | 0.003  | 0.001  | 0.201 | 0.722 | 0.088 | 0.262 | 0.020 | 1.702 | 0.001 | 1.004 | 1.994 |

| Amostrat/<br>Análise (CED) | wt%    |        |       |       |       |      |      |       |      |        | at%    |        |       |       |       |       |       |       |        |       |       |
|----------------------------|--------|--------|-------|-------|-------|------|------|-------|------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|
|                            | SiO2   | TiO2   | Al2O3 | FeO   | Fe2O3 | MgO  | MnO  | Cr2O3 | V2O3 | Total  | Si     | Ti     | Al    | Fe2   | Fe3   | Mg    | Mn    | Cr    | V      | R2    | R3    |
| 105Cchr8                   | 0.08   | 0.02   | 4.82  | 25.37 | 2.12  | 4.58 | 0.65 | 62.50 | 0.12 | 100.26 | 0.003  | 0.001  | 0.199 | 0.745 | 0.056 | 0.240 | 0.019 | 1.735 | 0.002  | 1.004 | 1.993 |
| 105Cchr10                  | 0.04   | 0.18   | 8.41  | 24.89 | 2.57  | 5.35 | 0.66 | 58.22 | 0.15 | 100.47 | 0.001  | 0.005  | 0.340 | 0.714 | 0.066 | 0.273 | 0.019 | 1.579 | 0.002  | 1.007 | 1.992 |
| 105Cchr11                  | 0.09   | 0.03   | 5.81  | 25.12 | 2.50  | 4.74 | 0.67 | 60.75 | 0.11 | 99.81  | 0.003  | 0.001  | 0.240 | 0.737 | 0.066 | 0.248 | 0.020 | 1.684 | 0.002  | 1.004 | 1.993 |
| 105Cchr12                  | 0.02   | 0.17   | 9.15  | 24.33 | 2.51  | 5.82 | 0.51 | 57.56 | 0.16 | 100.26 | 0.001  | 0.004  | 0.368 | 0.695 | 0.065 | 0.296 | 0.015 | 1.554 | 0.002  | 1.006 | 1.993 |
| 105Cchr13                  | 0.07   | 0.03   | 6.12  | 24.99 | 2.36  | 4.87 | 0.62 | 60.61 | 0.12 | 99.79  | 0.003  | 0.001  | 0.252 | 0.731 | 0.062 | 0.254 | 0.018 | 1.677 | 0.002  | 1.004 | 1.994 |
| 105Cchr14                  | 0.02   | 0.06   | 5.88  | 24.85 | 2.68  | 4.89 | 0.70 | 60.79 | 0.09 | 99.95  | 0.001  | 0.001  | 0.243 | 0.727 | 0.070 | 0.255 | 0.021 | 1.681 | 0.001  | 1.003 | 1.997 |
| 105Cchr15                  | 0.08   | 0.09   | 10.95 | 24.01 | 3.14  | 6.08 | 0.53 | 54.58 | 0.23 | 99.70  | 0.003  | 0.002  | 0.439 | 0.683 | 0.080 | 0.308 | 0.015 | 1.467 | 0.003  | 1.006 | 1.991 |
| 105Cchrball16              | 0.10   | 0.06   | 5.20  | 25.18 | 2.35  | 4.70 | 0.69 | 61.62 | 0.11 | 100.02 | 0.004  | 0.002  | 0.215 | 0.739 | 0.062 | 0.246 | 0.021 | 1.710 | 0.002  | 1.006 | 1.991 |
| 105Cchrball17              | 0.08   | 0.04   | 5.98  | 24.73 | 2.49  | 4.86 | 0.69 | 60.18 | 0.14 | 99.17  | 0.003  | 0.001  | 0.248 | 0.729 | 0.066 | 0.255 | 0.021 | 1.676 | 0.002  | 1.004 | 1.993 |
| 105Cchrball18              | 0.08   | b.d.l. | 6.51  | 24.65 | 1.72  | 4.91 | 0.64 | 60.16 | 0.15 | 98.81  | 0.003  | b.d.l. | 0.270 | 0.727 | 0.046 | 0.258 | 0.019 | 1.676 | 0.002  | 1.003 | 1.994 |
| 105Cchrball19              | 0.06   | 0.06   | 5.70  | 25.10 | 2.27  | 4.65 | 0.64 | 60.74 | 0.09 | 99.32  | 0.002  | 0.001  | 0.237 | 0.740 | 0.060 | 0.245 | 0.019 | 1.693 | 0.001  | 1.004 | 1.994 |
| 105Cchrball20              | 0.09   | 0.04   | 5.46  | 23.68 | 3.50  | 5.44 | 0.68 | 59.82 | 0.17 | 98.88  | 0.003  | 0.001  | 0.227 | 0.699 | 0.093 | 0.286 | 0.020 | 1.668 | 0.002  | 1.005 | 1.992 |
| 105Cchrball21              | 0.09   | 0.06   | 4.08  | 25.74 | 1.99  | 4.31 | 0.66 | 63.45 | 0.03 | 100.41 | 0.003  | 0.002  | 0.169 | 0.759 | 0.053 | 0.226 | 0.020 | 1.768 | b.d.l. | 1.005 | 1.992 |
| 105Cchrball22              | 0.04   | 0.04   | 6.15  | 25.22 | 1.74  | 4.66 | 0.59 | 60.87 | 0.13 | 99.43  | 0.002  | 0.001  | 0.255 | 0.741 | 0.046 | 0.244 | 0.017 | 1.692 | 0.002  | 1.003 | 1.995 |
| 105Cchrball23              | 0.23   | 0.00   | 5.72  | 25.07 | 1.73  | 5.04 | 0.64 | 61.97 | 0.10 | 100.50 | 0.008  | b.d.l. | 0.234 | 0.729 | 0.045 | 0.261 | 0.019 | 1.702 | 0.001  | 1.008 | 1.983 |
| 105Cchrball24              | 0.02   | 0.03   | 5.09  | 25.08 | 2.43  | 4.57 | 0.64 | 61.50 | 0.09 | 99.45  | 0.001  | 0.001  | 0.212 | 0.742 | 0.065 | 0.241 | 0.019 | 1.719 | 0.001  | 1.002 | 1.998 |
| 105Cchrball25              | 0.02   | 0.02   | 5.99  | 25.04 | 2.48  | 4.96 | 0.55 | 61.28 | 0.16 | 100.50 | 0.001  | b.d.l. | 0.245 | 0.728 | 0.065 | 0.257 | 0.016 | 1.685 | 0.002  | 1.002 | 1.998 |
| 105Cchrball26              | 0.05   | 0.04   | 10.99 | 24.20 | 2.68  | 5.94 | 0.65 | 55.44 | 0.19 | 100.18 | 0.002  | 0.001  | 0.439 | 0.685 | 0.068 | 0.300 | 0.019 | 1.484 | 0.003  | 1.004 | 1.995 |
| 105Cchrball27              | 0.08   | 0.15   | 11.10 | 24.53 | 2.02  | 5.95 | 0.55 | 55.79 | 0.27 | 100.44 | 0.003  | 0.004  | 0.442 | 0.693 | 0.051 | 0.299 | 0.016 | 1.489 | 0.004  | 1.007 | 1.990 |
| 105Cchrball28              | 0.11   | 0.01   | 5.38  | 24.66 | 2.73  | 4.94 | 0.66 | 60.87 | 0.15 | 99.51  | 0.004  | b.d.l. | 0.223 | 0.726 | 0.072 | 0.259 | 0.020 | 1.694 | 0.002  | 1.005 | 1.992 |
| 105Cchrball29              | 0.04   | 0.01   | 5.70  | 25.49 | 1.90  | 4.68 | 0.64 | 62.25 | 0.13 | 100.83 | 0.002  | b.d.l. | 0.233 | 0.741 | 0.050 | 0.242 | 0.019 | 1.711 | 0.002  | 1.002 | 1.996 |
| 105Cchrball30              | 0.03   | 1.36   | 9.49  | 25.03 | 0.00  | 5.47 | 0.54 | 57.61 | 0.09 | 99.61  | 0.001  | 0.035  | 0.384 | 0.719 | 0.000 | 0.280 | 0.016 | 1.564 | 0.001  | 1.014 | 1.984 |
| 106Dchr1                   | 0.03   | 0.11   | 8.24  | 29.26 | 7.56  | 2.32 | 1.04 | 52.69 | 0.19 | 101.44 | 0.001  | 0.003  | 0.339 | 0.853 | 0.198 | 0.121 | 0.031 | 1.452 | 0.003  | 1.005 | 1.994 |
| 106Dchr2                   | 0.01   | 0.60   | 8.39  | 29.23 | 6.10  | 2.38 | 1.00 | 52.17 | 0.13 | 100.01 | b.d.l. | 0.016  | 0.349 | 0.862 | 0.162 | 0.125 | 0.030 | 1.454 | 0.002  | 1.017 | 1.983 |
| 106Dchr3                   | 0.03   | 0.17   | 8.91  | 29.35 | 6.76  | 2.32 | 0.97 | 52.24 | 0.17 | 100.93 | 0.001  | 0.004  | 0.367 | 0.857 | 0.178 | 0.121 | 0.029 | 1.441 | 0.002  | 1.006 | 1.993 |
| 106Dchr4                   | 0.05   | 0.08   | 7.23  | 29.12 | 6.23  | 2.17 | 1.01 | 54.57 | 0.12 | 100.57 | 0.002  | 0.002  | 0.301 | 0.860 | 0.166 | 0.114 | 0.030 | 1.524 | 0.002  | 1.004 | 1.994 |
| 106Dchr5                   | 0.04   | 0.18   | 8.72  | 29.09 | 6.64  | 2.34 | 1.02 | 52.23 | 0.16 | 100.42 | 0.001  | 0.005  | 0.361 | 0.854 | 0.175 | 0.123 | 0.030 | 1.449 | 0.002  | 1.007 | 1.992 |
| 106Dchr6                   | 0.08   | 0.11   | 9.43  | 29.06 | 6.76  | 2.55 | 1.07 | 51.96 | 0.15 | 101.16 | 0.003  | 0.003  | 0.386 | 0.843 | 0.176 | 0.132 | 0.031 | 1.425 | 0.002  | 1.006 | 1.991 |
| 106Dchr8                   | 0.04   | 0.10   | 8.18  | 29.41 | 7.95  | 2.16 | 1.05 | 52.09 | 0.14 | 101.12 | 0.002  | 0.003  | 0.338 | 0.861 | 0.210 | 0.112 | 0.031 | 1.442 | 0.002  | 1.005 | 1.994 |
| 106Dchr9                   | 0.03   | 0.15   | 8.64  | 29.42 | 6.63  | 2.19 | 1.07 | 52.74 | 0.17 | 101.03 | 0.001  | 0.004  | 0.356 | 0.860 | 0.174 | 0.114 | 0.032 | 1.457 | 0.002  | 1.006 | 1.993 |
| 106Dchr10                  | b.d.l. | 0.19   | 8.54  | 29.43 | 6.63  | 2.22 | 1.06 | 53.01 | 0.12 | 101.18 | b.d.l. | 0.005  | 0.351 | 0.859 | 0.174 | 0.115 | 0.031 | 1.463 | 0.002  | 1.005 | 1.995 |
| 106Dchr11                  | b.d.l. | 0.15   | 9.09  | 29.34 | 6.77  | 2.28 | 0.98 | 52.10 | 0.13 | 100.84 | b.d.l. | 0.004  | 0.374 | 0.857 | 0.178 | 0.119 | 0.029 | 1.438 | 0.002  | 1.004 | 1.996 |
| 106Dchr12                  | 0.03   | 0.17   | 10.01 | 29.20 | 7.13  | 2.47 | 0.98 | 50.51 | 0.17 | 100.66 | 0.001  | 0.004  | 0.411 | 0.849 | 0.187 | 0.128 | 0.029 | 1.389 | 0.002  | 1.006 | 1.993 |
| 106Dchr13                  | b.d.l. | 0.07   | 9.19  | 29.01 | 7.00  | 2.30 | 1.03 | 51.52 | 0.13 | 100.25 | b.d.l. | 0.002  | 0.380 | 0.851 | 0.185 | 0.120 | 0.031 | 1.429 | 0.002  | 1.002 | 1.998 |
| 106Dchr14                  | 0.02   | 0.15   | 7.10  | 29.68 | 8.39  | 1.89 | 1.11 | 52.85 | 0.19 | 101.36 | 0.001  | 0.004  | 0.294 | 0.874 | 0.222 | 0.099 | 0.033 | 1.470 | 0.003  | 1.005 | 1.994 |
| 106Dballchr17              | 0.05   | 0.11   | 9.22  | 29.42 | 6.67  | 2.47 | 1.02 | 52.40 | 0.14 | 101.29 | 0.002  | 0.003  | 0.377 | 0.848 | 0.174 | 0.127 | 0.030 | 1.437 | 0.002  | 1.005 | 1.993 |
| 106Dballchr18              | 0.02   | 0.31   | 9.26  | 29.48 | 6.16  | 2.24 | 1.06 | 52.01 | 0.13 | 100.66 | 0.001  | 0.008  | 0.381 | 0.861 | 0.162 | 0.117 | 0.031 | 1.437 | 0.002  | 1.009 | 1.990 |
| 106Dballchr19              | 0.13   | 0.12   | 8.24  | 29.57 | 6.53  | 2.17 | 0.97 | 53.03 | 0.16 | 100.92 | 0.005  | 0.003  | 0.340 | 0.866 | 0.172 | 0.113 | 0.029 | 1.469 | 0.002  | 1.009 | 1.987 |
| 106Dballchr20              | 0.06   | 0.04   | 8.16  | 28.99 | 6.25  | 2.31 | 0.98 | 53.44 | 0.12 | 100.35 | 0.002  | 0.001  | 0.338 | 0.853 | 0.165 | 0.121 | 0.029 | 1.487 | 0.002  | 1.004 | 1.994 |
| 106Dballchr21              | b.d.l. | 0.08   | 7.89  | 28.93 | 6.79  | 2.21 | 1.14 | 53.30 | 0.15 | 100.48 | b.d.l. | 0.002  | 0.328 | 0.853 | 0.180 | 0.116 | 0.034 | 1.485 | 0.002  | 1.003 | 1.997 |

| Amostrat/<br>Análise (CED) | wt%    |      |       |       |       |      |      |       |      |        | at%    |       |       |       |       |       |       |       |         |       |       |
|----------------------------|--------|------|-------|-------|-------|------|------|-------|------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|-------|-------|
|                            | SiO2   | TiO2 | Al2O3 | FeO   | Fe2O3 | MgO  | MnO  | Cr2O3 | V2O3 | Total  | Si     | Ti    | Al    | Fe2   | Fe3   | Mg    | Mn    | Cr    | V       | R2    | R3    |
| 106Dballchr22              | 0.08   | 0.25 | 9.14  | 29.52 | 6.28  | 2.32 | 1.04 | 52.36 | 0.11 | 101.11 | 0.003  | 0.006 | 0.375 | 0.859 | 0.164 | 0.120 | 0.031 | 1.440 | 0.002   | 1.010 | 1.987 |
| 106Dballchr23              | 0.01   | 0.05 | 8.86  | 29.05 | 5.41  | 2.33 | 1.02 | 53.68 | 0.14 | 100.55 | b.d.l. | 0.001 | 0.366 | 0.850 | 0.143 | 0.122 | 0.030 | 1.486 | 0.002   | 1.002 | 1.997 |
| 106Dballchr24              | 0.06   | 0.10 | 9.22  | 29.19 | 5.36  | 2.48 | 1.00 | 53.56 | 0.17 | 101.16 | 0.002  | 0.003 | 0.377 | 0.848 | 0.140 | 0.128 | 0.029 | 1.470 | 0.002   | 1.006 | 1.992 |
| 106Dballchr25              | b.d.l. | 0.06 | 9.16  | 28.78 | 6.43  | 2.43 | 0.97 | 52.04 | 0.08 | 99.94  | b.d.l. | 0.002 | 0.380 | 0.846 | 0.170 | 0.127 | 0.029 | 1.446 | 0.001   | 1.002 | 1.998 |
| 106Dballchr27              | 0.03   | 0.06 | 5.98  | 29.22 | 6.65  | 1.98 | 1.05 | 55.76 | 0.14 | 100.87 | 0.001  | 0.002 | 0.250 | 0.867 | 0.178 | 0.104 | 0.032 | 1.564 | 0.002   | 1.003 | 1.996 |
| 106Dballchr28              | 0.08   | 0.04 | 7.34  | 29.13 | 5.84  | 2.23 | 1.05 | 55.12 | 0.08 | 100.91 | 0.003  | 0.001 | 0.304 | 0.857 | 0.155 | 0.117 | 0.031 | 1.532 | 0.001   | 1.004 | 1.993 |
| 106Dballchr29              | 0.03   | 0.06 | 7.84  | 29.13 | 6.82  | 2.20 | 1.09 | 53.61 | 0.11 | 100.89 | 0.001  | 0.001 | 0.324 | 0.855 | 0.180 | 0.115 | 0.032 | 1.488 | 0.002   | 1.003 | 1.996 |
| 106Dballchr30              | 0.04   | 0.08 | 8.35  | 29.15 | 5.55  | 2.30 | 0.98 | 54.14 | 0.14 | 100.72 | 0.001  | 0.002 | 0.345 | 0.854 | 0.146 | 0.120 | 0.029 | 1.500 | 0.002   | 1.004 | 1.995 |
| 106A1chr1                  | 0.13   | 0.31 | 5.63  | 32.20 | 15.64 | 0.80 | 0.72 | 47.44 | 0.16 | 103.02 | 0.004  | 0.008 | 0.234 | 0.950 | 0.415 | 0.042 | 0.021 | 1.323 | 0.002   | 1.013 | 1.982 |
| 106A1chr2                  | 0.09   | 0.24 | 7.30  | 32.17 | 11.90 | 0.82 | 0.67 | 48.88 | 0.13 | 102.18 | 0.003  | 0.006 | 0.303 | 0.947 | 0.315 | 0.043 | 0.020 | 1.360 | 0.002   | 1.010 | 1.987 |
| 106A1chr3                  | 0.09   | 0.22 | 5.38  | 31.98 | 11.97 | 0.86 | 0.70 | 51.61 | 0.11 | 102.90 | 0.003  | 0.006 | 0.224 | 0.944 | 0.318 | 0.045 | 0.021 | 1.439 | 0.002   | 1.009 | 1.988 |
| 106A1chr4                  | 0.05   | 0.23 | 8.94  | 32.23 | 9.19  | 1.13 | 0.64 | 50.43 | 0.19 | 103.03 | 0.002  | 0.006 | 0.364 | 0.932 | 0.239 | 0.058 | 0.019 | 1.378 | 0.003   | 1.009 | 1.990 |
| 106A1chr5                  | 0.01   | 0.08 | 6.47  | 32.01 | 11.22 | 0.68 | 0.60 | 50.80 | 0.11 | 101.99 | b.d.l. | 0.002 | 0.270 | 0.949 | 0.299 | 0.036 | 0.018 | 1.423 | 0.002   | 1.003 | 1.997 |
| 106A1chr7                  | 0.07   | 0.06 | 6.77  | 31.53 | 9.27  | 0.97 | 0.57 | 51.97 | 0.14 | 101.35 | 0.003  | 0.002 | 0.283 | 0.936 | 0.248 | 0.051 | 0.017 | 1.458 | 0.002   | 1.005 | 1.993 |
| 106A1chr8                  | b.d.l. | 0.10 | 8.46  | 32.12 | 9.56  | 0.93 | 0.69 | 50.62 | 0.22 | 102.69 | b.d.l. | 0.003 | 0.347 | 0.935 | 0.251 | 0.048 | 0.020 | 1.393 | 0.003   | 1.004 | 1.996 |
| 106A1chr9                  | b.d.l. | 0.12 | 8.13  | 31.82 | 9.90  | 0.97 | 0.69 | 50.29 | 0.18 | 102.10 | b.d.l. | 0.003 | 0.336 | 0.933 | 0.261 | 0.051 | 0.021 | 1.393 | 0.003   | 1.004 | 1.996 |
| 106A1chr10                 | 0.02   | 0.60 | 3.80  | 32.37 | 21.44 | 0.52 | 0.63 | 43.25 | 0.12 | 102.75 | 0.001  | 0.016 | 0.160 | 0.970 | 0.578 | 0.028 | 0.019 | 1.226 | 0.002   | 1.017 | 1.982 |
| 106A1chr11                 | 0.03   | 0.27 | 5.04  | 32.25 | 13.77 | 0.61 | 0.73 | 50.25 | 0.10 | 103.06 | 0.001  | 0.007 | 0.210 | 0.954 | 0.367 | 0.032 | 0.022 | 1.405 | 0.001   | 1.008 | 1.991 |
| 106A1chr12                 | b.d.l. | 0.16 | 9.05  | 31.60 | 8.85  | 1.39 | 0.67 | 50.88 | 0.13 | 102.73 | b.d.l. | 0.004 | 0.369 | 0.914 | 0.230 | 0.071 | 0.020 | 1.390 | 0.002   | 1.005 | 1.995 |
| 106A1chr13                 | b.d.l. | 0.29 | 6.10  | 31.80 | 15.11 | 0.94 | 0.70 | 47.63 | 0.14 | 102.71 | b.d.l. | 0.008 | 0.254 | 0.938 | 0.401 | 0.049 | 0.021 | 1.328 | 0.002   | 1.008 | 1.992 |
| 106A1chr14                 | 0.06   | 0.13 | 5.33  | 31.77 | 11.29 | 0.85 | 0.66 | 52.34 | 0.03 | 102.45 | 0.002  | 0.003 | 0.223 | 0.941 | 0.301 | 0.045 | 0.020 | 1.465 | b.d.l.3 | 1.005 | 1.993 |
| 106A1chr15                 | b.d.l. | 0.12 | 8.78  | 32.12 | 8.98  | 0.92 | 0.71 | 50.70 | 0.16 | 102.47 | b.d.l. | 0.003 | 0.360 | 0.935 | 0.235 | 0.048 | 0.021 | 1.395 | 0.002   | 1.004 | 1.996 |
| 106A1chr16                 | 0.02   | 0.20 | 8.75  | 31.87 | 9.17  | 1.12 | 0.66 | 50.29 | 0.16 | 102.23 | 0.001  | 0.005 | 0.359 | 0.929 | 0.240 | 0.058 | 0.020 | 1.386 | 0.002   | 1.006 | 1.993 |
| 106A1chr17                 | b.d.l. | 0.20 | 9.04  | 32.01 | 9.24  | 1.11 | 0.65 | 50.08 | 0.19 | 102.52 | b.d.l. | 0.005 | 0.370 | 0.929 | 0.241 | 0.057 | 0.019 | 1.374 | 0.003   | 1.006 | 1.994 |
| 106A1chr18                 | 0.09   | 0.38 | 7.57  | 32.29 | 16.09 | 1.02 | 0.59 | 44.81 | 0.14 | 102.97 | 0.003  | 0.010 | 0.312 | 0.943 | 0.423 | 0.053 | 0.017 | 1.237 | 0.002   | 1.014 | 1.983 |
| 106A1chr19                 | b.d.l. | 0.15 | 8.59  | 31.83 | 9.50  | 1.09 | 0.61 | 50.26 | 0.11 | 102.14 | b.d.l. | 0.004 | 0.354 | 0.929 | 0.250 | 0.057 | 0.018 | 1.387 | 0.002   | 1.004 | 1.996 |
| 106A1chr20                 | b.d.l. | 0.14 | 7.54  | 32.06 | 11.04 | 0.81 | 0.66 | 49.84 | 0.14 | 102.22 | b.d.l. | 0.004 | 0.312 | 0.943 | 0.292 | 0.042 | 0.020 | 1.385 | 0.002   | 1.004 | 1.996 |
| 106A1chr21                 | b.d.l. | 0.20 | 5.50  | 32.14 | 13.67 | 0.60 | 0.76 | 49.79 | 0.13 | 102.77 | b.d.l. | 0.005 | 0.230 | 0.952 | 0.364 | 0.031 | 0.023 | 1.393 | 0.002   | 1.006 | 1.994 |
| 106A1chr22                 | 0.03   | 0.07 | 8.03  | 32.16 | 10.27 | 0.94 | 0.71 | 50.81 | 0.13 | 103.16 | 0.001  | 0.002 | 0.329 | 0.934 | 0.268 | 0.049 | 0.021 | 1.395 | 0.002   | 1.003 | 1.995 |
| 106A1chr23                 | 0.02   | 0.30 | 5.10  | 31.99 | 15.20 | 0.60 | 0.72 | 48.15 | 0.08 | 102.16 | 0.001  | 0.008 | 0.215 | 0.955 | 0.408 | 0.032 | 0.022 | 1.359 | 0.001   | 1.009 | 1.990 |
| 106A1chr24                 | 0.02   | 0.16 | 5.18  | 31.76 | 12.94 | 0.62 | 0.71 | 50.24 | 0.08 | 101.72 | 0.001  | 0.004 | 0.219 | 0.950 | 0.348 | 0.033 | 0.022 | 1.421 | 0.001   | 1.005 | 1.994 |
| 106A1chr25                 | 0.02   | 0.23 | 7.04  | 32.16 | 12.51 | 0.86 | 0.67 | 49.29 | 0.11 | 102.86 | 0.001  | 0.006 | 0.291 | 0.942 | 0.330 | 0.045 | 0.020 | 1.365 | 0.001   | 1.007 | 1.993 |
| 106A1chr26                 | 0.02   | 0.66 | 3.63  | 32.57 | 22.24 | 0.48 | 0.62 | 42.77 | 0.16 | 103.14 | 0.001  | 0.018 | 0.153 | 0.974 | 0.599 | 0.026 | 0.019 | 1.209 | 0.002   | 1.019 | 1.981 |
| 106A1chr27                 | b.d.l. | 0.17 | 5.14  | 31.97 | 13.30 | 0.64 | 0.64 | 50.35 | 0.11 | 102.32 | b.d.l. | 0.005 | 0.216 | 0.952 | 0.356 | 0.034 | 0.019 | 1.417 | 0.002   | 1.005 | 1.995 |
| 106A1chr28                 | 0.02   | 0.10 | 7.01  | 31.69 | 12.16 | 1.01 | 0.62 | 49.57 | 0.13 | 102.31 | 0.001  | 0.003 | 0.290 | 0.932 | 0.322 | 0.053 | 0.018 | 1.378 | 0.002   | 1.004 | 1.995 |
| 106A1chr29                 | 0.02   | 0.18 | 7.71  | 32.14 | 10.74 | 0.86 | 0.62 | 49.95 | 0.16 | 102.37 | 0.001  | 0.005 | 0.319 | 0.942 | 0.284 | 0.045 | 0.019 | 1.385 | 0.002   | 1.006 | 1.994 |
| 106A1chr30                 | 0.01   | 0.44 | 4.04  | 32.57 | 20.45 | 0.45 | 0.70 | 44.75 | 0.18 | 103.58 | b.d.l. | 0.012 | 0.169 | 0.968 | 0.547 | 0.024 | 0.021 | 1.257 | 0.003   | 1.013 | 1.987 |
| 106A1chr31                 | 0.06   | 0.09 | 6.96  | 31.89 | 11.39 | 0.85 | 0.65 | 50.08 | 0.15 | 102.11 | 0.002  | 0.002 | 0.289 | 0.941 | 0.302 | 0.045 | 0.019 | 1.397 | 0.002   | 1.005 | 1.993 |
| 106A1chr32                 | 0.10   | 0.15 | 8.02  | 32.26 | 10.25 | 0.87 | 0.68 | 50.09 | 0.11 | 102.53 | 0.004  | 0.004 | 0.330 | 0.943 | 0.269 | 0.045 | 0.020 | 1.383 | 0.002   | 1.008 | 1.989 |
| 106A1chr33                 | 0.08   | 0.13 | 8.85  | 32.03 | 8.79  | 1.03 | 0.66 | 50.44 | 0.17 | 102.17 | 0.003  | 0.003 | 0.364 | 0.934 | 0.231 | 0.053 | 0.019 | 1.390 | 0.002   | 1.007 | 1.991 |

| Amostrat/<br>Análise (CED) | wt%    |      |       |       |       |      |      |       |      |        | at%    |        |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|----------------------------|--------|------|-------|-------|-------|------|------|-------|------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                            | SiO2   | TiO2 | Al2O3 | FeO   | Fe2O3 | MgO  | MnO  | Cr2O3 | V2O3 | Total  | Si     | Ti     | Al    | Fe2   | Fe3   | Mg    | Mn    | Cr    | V     | R2    | R3    |
| 106A1chr34                 | 0.03   | 0.22 | 8.91  | 32.26 | 9.31  | 1.13 | 0.65 | 50.61 | 0.17 | 103.29 | 0.001  | 0.006  | 0.362 | 0.930 | 0.242 | 0.058 | 0.019 | 1.380 | 0.002 | 1.007 | 1.991 |
| 106A1chr35                 | b.d.l. | 0.12 | 5.17  | 31.71 | 12.37 | 0.82 | 0.68 | 51.68 | 0.04 | 102.58 | b.d.l. | 0.003  | 0.216 | 0.940 | 0.330 | 0.043 | 0.020 | 1.447 | 0.001 | 1.003 | 1.997 |
| 106A1chr36                 | 0.03   | 0.24 | 5.71  | 31.72 | 13.40 | 0.85 | 0.64 | 49.22 | 0.13 | 101.94 | 0.001  | 0.007  | 0.239 | 0.944 | 0.359 | 0.045 | 0.019 | 1.384 | 0.002 | 1.008 | 1.991 |
| 106A1chr37                 | 0.01   | 0.46 | 4.76  | 32.40 | 18.75 | 0.64 | 0.74 | 45.63 | 0.22 | 103.61 | b.d.l. | 0.012  | 0.198 | 0.957 | 0.498 | 0.034 | 0.022 | 1.274 | 0.003 | 1.013 | 1.986 |
| 106A1chr38                 | 0.05   | 0.52 | 5.23  | 32.49 | 19.27 | 0.61 | 0.73 | 44.07 | 0.18 | 103.15 | 0.002  | 0.014  | 0.218 | 0.962 | 0.514 | 0.032 | 0.022 | 1.234 | 0.003 | 1.016 | 1.982 |
| 106A1chr39                 | 0.05   | 0.20 | 5.52  | 32.13 | 14.56 | 0.65 | 0.72 | 48.79 | 0.09 | 102.72 | 0.002  | 0.005  | 0.231 | 0.951 | 0.388 | 0.034 | 0.022 | 1.366 | 0.001 | 1.007 | 1.991 |
| 106A1chr40                 | b.d.l. | 0.12 | 7.43  | 31.97 | 10.79 | 0.87 | 0.69 | 50.40 | 0.18 | 102.44 | b.d.l. | 0.003  | 0.307 | 0.938 | 0.285 | 0.045 | 0.020 | 1.398 | 0.003 | 1.004 | 1.996 |
| 106A1chr41                 | b.d.l. | 0.20 | 5.80  | 32.25 | 13.69 | 0.57 | 0.67 | 49.23 | 0.19 | 102.60 | b.d.l. | 0.005  | 0.242 | 0.956 | 0.365 | 0.030 | 0.020 | 1.379 | 0.003 | 1.006 | 1.994 |
| 106A1chr42                 | 0.07   | 0.24 | 6.73  | 31.97 | 12.20 | 0.78 | 0.70 | 49.07 | 0.14 | 101.90 | 0.002  | 0.006  | 0.281 | 0.947 | 0.325 | 0.041 | 0.021 | 1.374 | 0.002 | 1.009 | 1.988 |
| 106A1chr43                 | b.d.l. | 0.22 | 4.95  | 31.84 | 13.67 | 0.81 | 0.73 | 50.63 | 0.16 | 103.01 | b.d.l. | 0.006  | 0.206 | 0.942 | 0.364 | 0.043 | 0.022 | 1.415 | 0.002 | 1.006 | 1.994 |
| 106A1chr44                 | 0.05   | 0.12 | 9.03  | 32.11 | 10.84 | 1.01 | 0.73 | 48.66 | 0.16 | 102.70 | 0.002  | 0.003  | 0.369 | 0.932 | 0.283 | 0.052 | 0.021 | 1.335 | 0.002 | 1.005 | 1.993 |
| 106A1chr45                 | 0.03   | 0.20 | 9.36  | 32.20 | 9.94  | 1.12 | 0.67 | 49.24 | 0.20 | 102.96 | 0.001  | 0.005  | 0.381 | 0.930 | 0.258 | 0.057 | 0.020 | 1.344 | 0.003 | 1.007 | 1.992 |
| 106A1chr46                 | 0.04   | 0.19 | 9.94  | 32.22 | 9.56  | 1.12 | 0.61 | 48.69 | 0.17 | 102.54 | 0.001  | 0.005  | 0.405 | 0.932 | 0.249 | 0.057 | 0.018 | 1.331 | 0.002 | 1.007 | 1.992 |
| 106A1chr47                 | 0.06   | 0.17 | 8.62  | 32.04 | 9.38  | 1.11 | 0.74 | 50.67 | 0.16 | 102.95 | 0.002  | 0.005  | 0.352 | 0.928 | 0.245 | 0.057 | 0.022 | 1.387 | 0.002 | 1.007 | 1.990 |
| 106A1chr48                 | 0.04   | 0.24 | 6.22  | 32.37 | 14.74 | 0.69 | 0.64 | 47.97 | 0.09 | 103.01 | 0.001  | 0.006  | 0.258 | 0.953 | 0.390 | 0.036 | 0.019 | 1.334 | 0.001 | 1.008 | 1.990 |
| 106A1chr49                 | 0.07   | 0.13 | 7.73  | 32.33 | 11.18 | 0.88 | 0.68 | 50.03 | 0.15 | 103.17 | 0.003  | 0.003  | 0.317 | 0.941 | 0.293 | 0.046 | 0.020 | 1.376 | 0.002 | 1.006 | 1.991 |
| 106A1chr50                 | 0.18   | 0.11 | 9.78  | 31.58 | 10.04 | 1.18 | 0.62 | 47.06 | 0.11 | 100.66 | 0.006  | 0.003  | 0.406 | 0.929 | 0.266 | 0.062 | 0.019 | 1.309 | 0.001 | 1.009 | 1.984 |
| 105Achr1                   | 0.64   | 0.04 | 5.96  | 24.10 | 5.14  | 5.51 | 0.60 | 55.71 | 0.21 | 97.92  | 0.023  | 0.001  | 0.249 | 0.715 | 0.137 | 0.291 | 0.018 | 1.562 | 0.003 | 1.025 | 1.953 |
| 105Achr2                   | 0.09   | 0.03 | 6.28  | 27.69 | 3.34  | 3.46 | 0.69 | 59.95 | 0.07 | 101.59 | 0.003  | 0.001  | 0.257 | 0.805 | 0.087 | 0.179 | 0.020 | 1.647 | 0.001 | 1.004 | 1.993 |
| 105Achr3                   | b.d.l. | 0.06 | 6.48  | 27.42 | 3.29  | 3.54 | 0.67 | 59.67 | 0.09 | 101.21 | b.d.l. | 0.002  | 0.266 | 0.799 | 0.086 | 0.183 | 0.020 | 1.643 | 0.001 | 1.002 | 1.998 |
| 105Achr4                   | 0.09   | 0.05 | 5.86  | 27.45 | 4.18  | 3.50 | 0.66 | 59.22 | 0.15 | 101.14 | 0.003  | 0.001  | 0.241 | 0.803 | 0.110 | 0.182 | 0.019 | 1.637 | 0.002 | 1.005 | 1.992 |
| 105Achr5                   | 0.04   | 0.08 | 6.74  | 27.86 | 3.15  | 3.42 | 0.60 | 59.47 | 0.14 | 101.48 | 0.001  | 0.002  | 0.276 | 0.809 | 0.082 | 0.177 | 0.018 | 1.633 | 0.002 | 1.004 | 1.995 |
| 105Achr6                   | b.d.l. | 0.02 | 5.78  | 26.96 | 3.98  | 3.53 | 0.63 | 59.07 | 0.17 | 100.12 | b.d.l. | 0.001  | 0.241 | 0.797 | 0.106 | 0.186 | 0.019 | 1.649 | 0.002 | 1.001 | 1.999 |
| 105Achr7                   | 0.24   | 0.02 | 6.25  | 27.63 | 3.14  | 3.70 | 0.68 | 60.06 | 0.17 | 101.89 | 0.008  | 0.001  | 0.255 | 0.799 | 0.082 | 0.190 | 0.020 | 1.642 | 0.002 | 1.010 | 1.982 |
| 105Achr9                   | 0.08   | 0.04 | 5.94  | 27.85 | 3.45  | 3.40 | 0.65 | 60.25 | 0.15 | 101.81 | 0.003  | 0.001  | 0.243 | 0.810 | 0.090 | 0.176 | 0.019 | 1.656 | 0.002 | 1.005 | 1.992 |
| 105Achr10                  | 0.06   | 0.11 | 5.96  | 28.09 | 3.33  | 3.38 | 0.72 | 60.74 | 0.20 | 102.58 | 0.002  | 0.003  | 0.243 | 0.811 | 0.087 | 0.174 | 0.021 | 1.658 | 0.003 | 1.006 | 1.992 |
| 105Achr11                  | 0.05   | 0.06 | 5.59  | 27.76 | 3.31  | 3.26 | 0.68 | 60.34 | 0.16 | 101.22 | 0.002  | 0.002  | 0.231 | 0.814 | 0.087 | 0.170 | 0.020 | 1.672 | 0.002 | 1.004 | 1.994 |
| 105Achr13                  | b.d.l. | 0.00 | 6.02  | 27.66 | 3.32  | 3.40 | 0.62 | 60.38 | 0.12 | 101.53 | b.d.l. | b.d.l. | 0.247 | 0.806 | 0.087 | 0.176 | 0.018 | 1.663 | 0.002 | 1.001 | 1.999 |
| 105Achr14                  | 0.11   | 0.07 | 10.03 | 27.32 | 3.44  | 4.11 | 0.59 | 55.36 | 0.17 | 101.20 | 0.004  | 0.002  | 0.403 | 0.780 | 0.088 | 0.209 | 0.017 | 1.494 | 0.002 | 1.006 | 1.990 |
| 105Achr15                  | 0.02   | 0.10 | 10.05 | 27.43 | 3.24  | 3.89 | 0.56 | 55.15 | 0.19 | 100.62 | 0.001  | 0.003  | 0.407 | 0.789 | 0.084 | 0.199 | 0.016 | 1.499 | 0.003 | 1.004 | 1.995 |
| 105Achr16                  | 0.01   | 0.05 | 5.82  | 27.42 | 3.04  | 3.37 | 0.64 | 60.10 | 0.18 | 100.60 | b.d.l. | 0.001  | 0.241 | 0.807 | 0.080 | 0.176 | 0.019 | 1.672 | 0.003 | 1.002 | 1.998 |
| 105Achr17                  | 0.02   | 0.00 | 5.72  | 27.56 | 2.84  | 3.41 | 0.66 | 61.11 | 0.13 | 101.44 | 0.001  | b.d.l. | 0.235 | 0.805 | 0.074 | 0.177 | 0.019 | 1.686 | 0.002 | 1.001 | 1.998 |
| 105Achr18                  | 0.02   | 0.08 | 6.18  | 27.21 | 3.55  | 3.60 | 0.64 | 59.36 | 0.17 | 100.80 | 0.001  | 0.002  | 0.255 | 0.797 | 0.094 | 0.188 | 0.019 | 1.643 | 0.002 | 1.003 | 1.996 |
| 105Achr19                  | b.d.l. | 0.07 | 5.73  | 27.34 | 2.94  | 3.55 | 0.69 | 60.97 | 0.11 | 101.42 | b.d.l. | 0.002  | 0.236 | 0.798 | 0.077 | 0.184 | 0.020 | 1.681 | 0.002 | 1.002 | 1.997 |
| 105Achr20                  | 0.07   | 0.03 | 5.66  | 27.88 | 3.57  | 3.26 | 0.66 | 60.22 | 0.16 | 101.51 | 0.002  | 0.001  | 0.233 | 0.815 | 0.094 | 0.170 | 0.019 | 1.663 | 0.002 | 1.004 | 1.993 |
| 105Achr21                  | 0.09   | 0.05 | 5.76  | 27.76 | 3.26  | 3.22 | 0.65 | 59.77 | 0.16 | 100.71 | 0.003  | 0.001  | 0.239 | 0.817 | 0.086 | 0.169 | 0.019 | 1.663 | 0.002 | 1.005 | 1.992 |
| 105Achr23                  | 0.04   | 0.07 | 5.79  | 27.77 | 3.78  | 3.37 | 0.66 | 60.05 | 0.13 | 101.66 | 0.001  | 0.002  | 0.238 | 0.809 | 0.099 | 0.175 | 0.020 | 1.654 | 0.002 | 1.004 | 1.995 |
| 105Achr24                  | 0.07   | 0.06 | 5.83  | 27.59 | 3.94  | 3.43 | 0.66 | 59.62 | 0.11 | 101.30 | 0.002  | 0.001  | 0.240 | 0.806 | 0.104 | 0.179 | 0.019 | 1.647 | 0.002 | 1.004 | 1.993 |
| 105Achr25                  | 0.09   | 0.02 | 6.56  | 27.03 | 3.75  | 3.64 | 0.62 | 58.24 | 0.11 | 100.06 | 0.003  | 0.001  | 0.272 | 0.795 | 0.099 | 0.191 | 0.018 | 1.619 | 0.002 | 1.004 | 1.993 |
| 105Achr26                  | b.d.l. | 0.06 | 6.41  | 27.85 | 3.99  | 3.22 | 0.74 | 58.87 | 0.19 | 101.32 | b.d.l. | 0.002  | 0.264 | 0.813 | 0.105 | 0.167 | 0.022 | 1.625 | 0.003 | 1.002 | 1.998 |

| Amostr/<br>Análise (CED) | wt%    |        |       |       |       |      |      |       |      |        | at%    |        |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|--------------------------|--------|--------|-------|-------|-------|------|------|-------|------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                          | SiO2   | TiO2   | Al2O3 | FeO   | Fe2O3 | MgO  | MnO  | Cr2O3 | V2O3 | Total  | Si     | Ti     | Al    | Fe2   | Fe3   | Mg    | Mn    | Cr    | V     | R2    | R3    |
| 105Achr27                | b.d.l. | 0.07   | 6.01  | 27.94 | 4.03  | 3.25 | 0.61 | 59.49 | 0.13 | 101.53 | b.d.l. | 0.002  | 0.247 | 0.815 | 0.106 | 0.169 | 0.018 | 1.641 | 0.002 | 1.002 | 1.998 |
| 105Achr28                | b.d.l. | 0.04   | 5.02  | 27.91 | 3.67  | 3.01 | 0.57 | 60.27 | 0.22 | 100.69 | b.d.l. | 0.001  | 0.209 | 0.826 | 0.098 | 0.159 | 0.017 | 1.687 | 0.003 | 1.002 | 1.998 |
| 105Achr29                | 0.07   | 0.03   | 7.19  | 27.46 | 2.69  | 3.57 | 0.59 | 58.93 | 0.17 | 100.69 | 0.002  | 0.001  | 0.296 | 0.801 | 0.071 | 0.185 | 0.017 | 1.625 | 0.002 | 1.004 | 1.994 |
| 105Achr30                | b.d.l. | 0.07   | 5.76  | 28.04 | 3.32  | 3.10 | 0.71 | 60.41 | 0.13 | 101.52 | b.d.l. | 0.002  | 0.237 | 0.820 | 0.087 | 0.161 | 0.021 | 1.670 | 0.002 | 1.002 | 1.998 |
| 105Achr31                | 0.03   | b.d.l. | 6.01  | 28.30 | 4.01  | 3.19 | 0.66 | 60.25 | 0.13 | 102.57 | 0.001  | b.d.l. | 0.245 | 0.818 | 0.104 | 0.164 | 0.019 | 1.646 | 0.002 | 1.002 | 1.997 |
| 105Achr32                | 0.03   | 0.01   | 5.93  | 28.26 | 3.49  | 3.06 | 0.67 | 60.28 | 0.16 | 101.89 | 0.001  | b.d.l. | 0.243 | 0.823 | 0.091 | 0.159 | 0.020 | 1.660 | 0.002 | 1.002 | 1.997 |
| 105Achr33                | b.d.l. | 0.16   | 7.96  | 28.19 | 4.12  | 3.45 | 0.65 | 57.47 | 0.21 | 102.20 | b.d.l. | 0.004  | 0.322 | 0.809 | 0.106 | 0.177 | 0.019 | 1.560 | 0.003 | 1.005 | 1.995 |
| 105Achr34                | 0.09   | 0.05   | 10.02 | 28.04 | 3.41  | 3.80 | 0.62 | 56.00 | 0.17 | 102.20 | 0.003  | 0.001  | 0.401 | 0.795 | 0.087 | 0.192 | 0.018 | 1.501 | 0.002 | 1.005 | 1.992 |
| 105Achr35                | 0.30   | 0.05   | 6.10  | 27.59 | 3.87  | 3.95 | 0.74 | 60.16 | 0.19 | 102.94 | 0.010  | 0.001  | 0.246 | 0.790 | 0.100 | 0.201 | 0.021 | 1.628 | 0.003 | 1.012 | 1.977 |
| 105Achr36                | 0.03   | b.d.l. | 7.94  | 27.64 | 3.32  | 3.70 | 0.62 | 58.48 | 0.14 | 101.86 | 0.001  | b.d.l. | 0.322 | 0.794 | 0.086 | 0.189 | 0.018 | 1.588 | 0.002 | 1.002 | 1.997 |
| 105Achr37                | 0.01   | b.d.l. | 8.14  | 27.72 | 3.23  | 3.48 | 0.57 | 57.62 | 0.11 | 100.88 | b.d.l. | b.d.l. | 0.333 | 0.804 | 0.084 | 0.180 | 0.017 | 1.580 | 0.001 | 1.001 | 1.999 |
| 105Achr38                | 0.04   | 0.14   | 10.41 | 27.81 | 3.19  | 3.78 | 0.58 | 54.81 | 0.23 | 100.98 | 0.001  | 0.004  | 0.420 | 0.796 | 0.082 | 0.193 | 0.017 | 1.484 | 0.003 | 1.006 | 1.993 |
| 105Achr39                | b.d.l. | 0.06   | 6.15  | 27.74 | 3.00  | 3.35 | 0.60 | 60.20 | 0.18 | 101.27 | b.d.l. | 0.001  | 0.253 | 0.810 | 0.079 | 0.174 | 0.018 | 1.662 | 0.002 | 1.002 | 1.998 |
| 105Achr40                | 0.06   | 0.07   | 5.77  | 27.90 | 3.80  | 3.18 | 0.76 | 59.66 | 0.17 | 101.38 | 0.002  | 0.002  | 0.238 | 0.816 | 0.100 | 0.166 | 0.022 | 1.650 | 0.002 | 1.005 | 1.993 |
| 105Achr41                | 0.05   | 0.08   | 5.73  | 28.02 | 3.42  | 3.10 | 0.69 | 59.95 | 0.13 | 101.17 | 0.002  | 0.002  | 0.237 | 0.822 | 0.090 | 0.162 | 0.020 | 1.663 | 0.002 | 1.005 | 1.994 |
| 105Achr42                | 0.12   | 0.08   | 6.17  | 27.97 | 3.26  | 3.21 | 0.59 | 59.22 | 0.12 | 100.74 | 0.004  | 0.002  | 0.255 | 0.821 | 0.086 | 0.168 | 0.018 | 1.644 | 0.002 | 1.007 | 1.989 |
| 105Achr43                | 0.06   | b.d.l. | 5.75  | 27.99 | 3.36  | 3.17 | 0.66 | 60.40 | 0.11 | 101.48 | 0.002  | b.d.l. | 0.237 | 0.818 | 0.088 | 0.165 | 0.019 | 1.669 | 0.001 | 1.002 | 1.995 |
| 105Achr44                | 0.19   | 0.04   | 6.29  | 27.65 | 3.03  | 3.45 | 0.70 | 59.53 | 0.10 | 100.97 | 0.007  | 0.001  | 0.259 | 0.808 | 0.080 | 0.180 | 0.021 | 1.644 | 0.001 | 1.008 | 1.985 |
| 105Achr45                | 0.02   | 0.07   | 6.07  | 27.78 | 3.18  | 3.20 | 0.67 | 59.68 | 0.14 | 100.81 | 0.001  | 0.002  | 0.251 | 0.816 | 0.084 | 0.167 | 0.020 | 1.657 | 0.002 | 1.003 | 1.996 |
| 105Achr46                | b.d.l. | 0.12   | 6.03  | 27.84 | 3.57  | 3.24 | 0.70 | 59.64 | 0.15 | 101.29 | b.d.l. | 0.003  | 0.249 | 0.814 | 0.094 | 0.169 | 0.021 | 1.648 | 0.002 | 1.004 | 1.996 |
| 105Achr47                | 0.01   | 1.10   | 10.16 | 28.29 | 0.68  | 3.95 | 0.52 | 55.56 | 0.23 | 100.49 | b.d.l. | 0.029  | 0.412 | 0.813 | 0.017 | 0.202 | 0.015 | 1.509 | 0.003 | 1.030 | 1.970 |
| 105Achr48                | 0.40   | 0.42   | 8.80  | 27.99 | 2.66  | 4.00 | 0.62 | 56.22 | 0.16 | 101.28 | 0.014  | 0.011  | 0.356 | 0.803 | 0.069 | 0.204 | 0.018 | 1.524 | 0.002 | 1.025 | 1.961 |
| 105Achr49                | b.d.l. | 0.05   | 8.24  | 27.63 | 4.21  | 3.63 | 0.62 | 56.89 | 0.09 | 101.35 | b.d.l. | 0.001  | 0.335 | 0.797 | 0.109 | 0.186 | 0.018 | 1.551 | 0.001 | 1.002 | 1.998 |
| 105Achr50                | b.d.l. | 0.04   | 6.16  | 27.61 | 3.97  | 3.35 | 0.70 | 59.23 | 0.17 | 101.22 | b.d.l. | 0.001  | 0.254 | 0.807 | 0.104 | 0.174 | 0.021 | 1.636 | 0.002 | 1.002 | 1.998 |
| 47Achr1                  | 0.16   | 0.74   | 10.51 | 25.86 | 3.37  | 5.56 | 0.57 | 54.18 | 0.20 | 101.15 | 0.005  | 0.019  | 0.418 | 0.729 | 0.086 | 0.279 | 0.016 | 1.444 | 0.003 | 1.025 | 1.970 |
| 47Achr2                  | 0.04   | 0.12   | 9.41  | 25.53 | 4.41  | 5.23 | 0.71 | 56.16 | 0.23 | 101.84 | 0.001  | 0.003  | 0.375 | 0.722 | 0.112 | 0.263 | 0.020 | 1.500 | 0.003 | 1.005 | 1.994 |
| 47Achr3                  | b.d.l. | 0.28   | 9.06  | 25.66 | 3.25  | 4.94 | 0.68 | 56.55 | 0.18 | 100.59 | b.d.l. | 0.007  | 0.366 | 0.736 | 0.084 | 0.252 | 0.020 | 1.533 | 0.002 | 1.008 | 1.992 |
| 47Achr4                  | 0.07   | 0.26   | 9.61  | 25.53 | 3.59  | 5.19 | 0.66 | 55.70 | 0.24 | 100.84 | 0.002  | 0.007  | 0.386 | 0.727 | 0.092 | 0.263 | 0.019 | 1.500 | 0.003 | 1.010 | 1.988 |
| 47Achr5                  | b.d.l. | 0.10   | 9.47  | 25.50 | 3.90  | 5.06 | 0.73 | 56.19 | 0.18 | 101.12 | b.d.l. | 0.002  | 0.380 | 0.726 | 0.100 | 0.256 | 0.021 | 1.512 | 0.002 | 1.003 | 1.997 |
| 47Achr6                  | 0.05   | 0.25   | 9.57  | 25.42 | 4.32  | 5.19 | 0.68 | 55.06 | 0.15 | 100.71 | 0.002  | 0.007  | 0.385 | 0.725 | 0.111 | 0.264 | 0.020 | 1.485 | 0.002 | 1.009 | 1.989 |
| 47Achr7                  | 0.01   | 0.16   | 9.66  | 25.30 | 4.63  | 5.18 | 0.77 | 55.07 | 0.18 | 100.95 | b.d.l. | 0.004  | 0.388 | 0.720 | 0.119 | 0.263 | 0.022 | 1.482 | 0.003 | 1.005 | 1.995 |
| 47Achr8                  | 0.05   | 0.16   | 8.94  | 25.34 | 3.54  | 5.18 | 0.75 | 57.09 | 0.11 | 101.17 | 0.002  | 0.004  | 0.359 | 0.722 | 0.091 | 0.263 | 0.021 | 1.537 | 0.002 | 1.006 | 1.992 |
| 47Achr9                  | b.d.l. | 0.04   | 9.62  | 25.56 | 4.25  | 4.99 | 0.76 | 55.87 | 0.13 | 101.22 | b.d.l. | 0.001  | 0.385 | 0.727 | 0.109 | 0.253 | 0.022 | 1.502 | 0.002 | 1.002 | 1.998 |
| 47Achr10                 | b.d.l. | 0.08   | 9.60  | 25.46 | 4.81  | 5.28 | 0.71 | 55.98 | 0.15 | 102.06 | b.d.l. | 0.002  | 0.381 | 0.717 | 0.122 | 0.265 | 0.020 | 1.491 | 0.002 | 1.002 | 1.998 |
| 47Achr11                 | b.d.l. | 0.27   | 8.73  | 25.76 | 3.43  | 4.90 | 0.70 | 56.97 | 0.21 | 100.97 | b.d.l. | 0.007  | 0.352 | 0.738 | 0.088 | 0.250 | 0.020 | 1.542 | 0.003 | 1.008 | 1.992 |
| 47Achr13                 | 0.01   | 0.24   | 8.89  | 25.50 | 4.25  | 5.17 | 0.75 | 56.60 | 0.19 | 101.60 | b.d.l. | 0.006  | 0.356 | 0.724 | 0.109 | 0.261 | 0.021 | 1.519 | 0.003 | 1.007 | 1.993 |
| 47Achr14                 | 0.02   | 0.08   | 9.26  | 25.53 | 2.32  | 5.00 | 0.58 | 57.52 | 0.18 | 100.50 | 0.001  | 0.002  | 0.374 | 0.731 | 0.060 | 0.255 | 0.017 | 1.558 | 0.002 | 1.003 | 1.996 |
| 47Achr15                 | 0.03   | 0.05   | 7.21  | 25.32 | 2.91  | 4.81 | 0.77 | 59.33 | 0.15 | 100.58 | 0.001  | 0.001  | 0.294 | 0.733 | 0.076 | 0.248 | 0.023 | 1.623 | 0.002 | 1.003 | 1.996 |
| 47Achr16                 | b.d.l. | 0.14   | 9.70  | 25.33 | 4.29  | 5.18 | 0.77 | 55.52 | 0.17 | 101.10 | b.d.l. | 0.004  | 0.389 | 0.720 | 0.110 | 0.262 | 0.022 | 1.491 | 0.002 | 1.004 | 1.996 |
| 47Achr17                 | 0.03   | 0.67   | 8.33  | 25.72 | 3.84  | 5.20 | 0.76 | 56.62 | 0.20 | 101.37 | 0.001  | 0.017  | 0.335 | 0.733 | 0.099 | 0.264 | 0.022 | 1.526 | 0.003 | 1.019 | 1.980 |

| Amostrat/<br>Análise (CED) | wt%    |        |       |       |       |      |      |       |      |        | at%    |        |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|----------------------------|--------|--------|-------|-------|-------|------|------|-------|------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                            | SiO2   | TiO2   | Al2O3 | FeO   | Fe2O3 | MgO  | MnO  | Cr2O3 | V2O3 | Total  | Si     | Ti     | Al    | Fe2   | Fe3   | Mg    | Mn    | Cr    | V     | R2    | R3    |
| 47Achr19                   | 0.01   | 0.10   | 9.87  | 25.29 | 3.77  | 5.13 | 0.67 | 55.27 | 0.24 | 100.35 | b.d.l. | 0.003  | 0.398 | 0.723 | 0.097 | 0.261 | 0.019 | 1.495 | 0.003 | 1.004 | 1.996 |
| 47Achr21                   | 0.02   | 0.08   | 9.79  | 25.44 | 4.17  | 5.09 | 0.77 | 55.58 | 0.15 | 101.09 | 0.001  | 0.002  | 0.392 | 0.723 | 0.107 | 0.258 | 0.022 | 1.493 | 0.002 | 1.003 | 1.996 |
| 47Achr22                   | b.d.l. | 0.07   | 9.45  | 25.55 | 4.13  | 4.92 | 0.70 | 55.69 | 0.12 | 100.64 | b.d.l. | 0.002  | 0.381 | 0.731 | 0.106 | 0.251 | 0.020 | 1.507 | 0.002 | 1.002 | 1.998 |
| 47Achr23                   | b.d.l. | 0.09   | 9.57  | 25.44 | 4.19  | 5.02 | 0.71 | 55.49 | 0.18 | 100.68 | b.d.l. | 0.002  | 0.385 | 0.727 | 0.108 | 0.256 | 0.020 | 1.499 | 0.003 | 1.003 | 1.997 |
| 47Achr24                   | 0.03   | 0.12   | 8.99  | 25.57 | 3.61  | 5.07 | 0.66 | 57.05 | 0.16 | 101.25 | 0.001  | 0.003  | 0.361 | 0.728 | 0.092 | 0.257 | 0.019 | 1.536 | 0.002 | 1.005 | 1.995 |
| 47Achr25                   | b.d.l. | 0.30   | 9.02  | 25.90 | 3.49  | 5.01 | 0.77 | 57.21 | 0.25 | 101.94 | b.d.l. | 0.008  | 0.360 | 0.734 | 0.089 | 0.253 | 0.022 | 1.532 | 0.003 | 1.009 | 1.991 |
| 47Achr26                   | 1.37   | 0.12   | 9.53  | 24.99 | 2.22  | 6.27 | 0.65 | 54.03 | 0.18 | 99.37  | 0.047  | 0.003  | 0.383 | 0.713 | 0.057 | 0.319 | 0.019 | 1.457 | 0.003 | 1.051 | 1.903 |
| 47Achr27                   | 0.01   | 0.06   | 9.21  | 25.47 | 3.81  | 5.10 | 0.77 | 57.00 | 0.15 | 101.57 | b.d.l. | 0.001  | 0.368 | 0.722 | 0.097 | 0.258 | 0.022 | 1.528 | 0.002 | 1.002 | 1.997 |
| 47Achr28                   | b.d.l. | 1.32   | 10.76 | 26.37 | 2.94  | 5.46 | 0.72 | 53.83 | 0.22 | 101.62 | b.d.l. | 0.033  | 0.426 | 0.741 | 0.074 | 0.273 | 0.021 | 1.429 | 0.003 | 1.034 | 1.966 |
| 47Achr29                   | 0.01   | 0.12   | 9.74  | 25.62 | 4.39  | 5.25 | 0.69 | 56.12 | 0.18 | 102.12 | b.d.l. | 0.003  | 0.386 | 0.721 | 0.111 | 0.263 | 0.020 | 1.493 | 0.002 | 1.004 | 1.996 |
| 47Achr30                   | 0.07   | 0.18   | 10.01 | 25.62 | 4.13  | 5.09 | 0.67 | 54.72 | 0.22 | 100.71 | 0.002  | 0.005  | 0.402 | 0.730 | 0.106 | 0.258 | 0.019 | 1.474 | 0.003 | 1.008 | 1.990 |
| 47Achr31                   | 0.04   | 0.14   | 9.36  | 25.47 | 4.11  | 5.04 | 0.74 | 55.67 | 0.18 | 100.74 | 0.001  | 0.004  | 0.377 | 0.728 | 0.106 | 0.256 | 0.021 | 1.504 | 0.003 | 1.006 | 1.993 |
| 47Achr32                   | b.d.l. | 0.10   | 10.08 | 25.61 | 4.52  | 5.15 | 0.69 | 55.27 | 0.13 | 101.54 | b.d.l. | 0.002  | 0.401 | 0.724 | 0.115 | 0.260 | 0.020 | 1.476 | 0.002 | 1.003 | 1.997 |
| 47Achr33                   | 0.02   | 0.07   | 9.86  | 25.27 | 4.15  | 5.18 | 0.69 | 55.25 | 0.22 | 100.71 | 0.001  | 0.002  | 0.396 | 0.720 | 0.106 | 0.263 | 0.020 | 1.489 | 0.003 | 1.003 | 1.996 |
| 47Achr34                   | b.d.l. | 0.08   | 10.13 | 25.28 | 3.94  | 5.22 | 0.60 | 55.11 | 0.20 | 100.56 | b.d.l. | 0.002  | 0.407 | 0.721 | 0.101 | 0.265 | 0.017 | 1.484 | 0.003 | 1.003 | 1.997 |
| 47Achr35                   | 0.02   | 0.11   | 8.76  | 25.53 | 3.65  | 4.84 | 0.68 | 56.56 | 0.15 | 100.30 | 0.001  | 0.003  | 0.356 | 0.736 | 0.095 | 0.249 | 0.020 | 1.540 | 0.002 | 1.004 | 1.995 |
| 47Achr36                   | b.d.l. | 0.14   | 8.79  | 25.91 | 3.38  | 4.77 | 0.71 | 57.27 | 0.22 | 101.20 | b.d.l. | 0.004  | 0.354 | 0.741 | 0.087 | 0.243 | 0.021 | 1.548 | 0.003 | 1.004 | 1.996 |
| 47Achr37                   | 0.06   | 0.17   | 8.67  | 25.77 | 3.63  | 5.01 | 0.81 | 57.72 | 0.15 | 101.98 | 0.002  | 0.004  | 0.346 | 0.730 | 0.093 | 0.253 | 0.023 | 1.546 | 0.002 | 1.007 | 1.991 |
| 47Achr38                   | 0.03   | 0.07   | 7.91  | 25.42 | 3.81  | 4.82 | 0.76 | 57.65 | 0.12 | 100.58 | 0.001  | 0.002  | 0.322 | 0.733 | 0.099 | 0.248 | 0.022 | 1.572 | 0.002 | 1.003 | 1.996 |
| 47Achr39                   | 0.05   | 0.23   | 7.84  | 25.97 | 2.84  | 4.66 | 0.74 | 58.44 | 0.15 | 100.92 | 0.002  | 0.006  | 0.318 | 0.748 | 0.074 | 0.239 | 0.022 | 1.590 | 0.002 | 1.008 | 1.990 |
| 47Achr40                   | 0.56   | 0.17   | 7.99  | 25.73 | 2.40  | 4.98 | 0.72 | 56.99 | 0.14 | 99.67  | 0.019  | 0.004  | 0.326 | 0.746 | 0.063 | 0.257 | 0.021 | 1.561 | 0.002 | 1.024 | 1.957 |
| 47Achr41                   | b.d.l. | 0.06   | 8.38  | 25.46 | 3.53  | 4.87 | 0.76 | 57.61 | 0.16 | 100.83 | b.d.l. | 0.002  | 0.339 | 0.731 | 0.091 | 0.249 | 0.022 | 1.564 | 0.002 | 1.002 | 1.998 |
| 47Achr42                   | 0.01   | 0.13   | 8.18  | 25.79 | 3.56  | 4.87 | 0.78 | 58.36 | 0.12 | 101.80 | b.d.l. | 0.003  | 0.328 | 0.735 | 0.091 | 0.247 | 0.022 | 1.571 | 0.002 | 1.004 | 1.995 |
| 47Achr43                   | 0.10   | 0.03   | 7.29  | 26.13 | 2.90  | 4.46 | 0.81 | 59.48 | 0.11 | 101.32 | 0.003  | 0.001  | 0.296 | 0.752 | 0.075 | 0.229 | 0.024 | 1.618 | 0.002 | 1.005 | 1.992 |
| 47Achr44                   | b.d.l. | 0.46   | 8.64  | 25.91 | 3.01  | 4.85 | 0.76 | 56.95 | 0.26 | 100.83 | b.d.l. | 0.012  | 0.349 | 0.743 | 0.078 | 0.248 | 0.022 | 1.544 | 0.004 | 1.013 | 1.987 |
| 47Achr45                   | 0.01   | 0.29   | 9.15  | 25.79 | 3.12  | 4.91 | 0.75 | 56.74 | 0.20 | 100.96 | b.d.l. | 0.007  | 0.369 | 0.737 | 0.080 | 0.250 | 0.022 | 1.532 | 0.003 | 1.008 | 1.991 |
| 47Achr46                   | b.d.l. | 0.17   | 9.33  | 25.40 | 3.29  | 5.09 | 0.72 | 56.67 | 0.10 | 100.77 | b.d.l. | 0.004  | 0.376 | 0.725 | 0.085 | 0.259 | 0.021 | 1.529 | 0.001 | 1.005 | 1.995 |
| 47Achr47                   | b.d.l. | 0.06   | 8.94  | 25.36 | 3.85  | 5.11 | 0.72 | 57.10 | 0.16 | 101.30 | b.d.l. | 0.001  | 0.359 | 0.722 | 0.099 | 0.259 | 0.021 | 1.537 | 0.002 | 1.002 | 1.998 |
| 47Achr48                   | b.d.l. | 0.04   | 8.23  | 25.50 | 3.47  | 4.86 | 0.72 | 57.99 | 0.12 | 100.93 | b.d.l. | 0.001  | 0.333 | 0.732 | 0.090 | 0.248 | 0.021 | 1.573 | 0.002 | 1.001 | 1.999 |
| 47Achr49                   | b.d.l. | b.d.l. | 9.42  | 25.33 | 4.04  | 4.80 | 0.72 | 55.20 | 0.16 | 99.67  | b.d.l. | 0.000  | 0.384 | 0.732 | 0.105 | 0.247 | 0.021 | 1.508 | 0.002 | 1.001 | 1.999 |
| 47Achr50                   | b.d.l. | b.d.l. | 9.29  | 25.32 | 4.41  | 4.91 | 0.72 | 55.32 | 0.25 | 100.23 | b.d.l. | b.d.l. | 0.377 | 0.728 | 0.114 | 0.252 | 0.021 | 1.504 | 0.004 | 1.001 | 1.999 |
| 100chr1                    | b.d.l. | 0.06   | 8.25  | 30.23 | 8.93  | 1.92 | 0.87 | 51.99 | 0.08 | 102.34 | b.d.l. | 0.002  | 0.337 | 0.877 | 0.233 | 0.099 | 0.026 | 1.425 | 0.001 | 1.002 | 1.998 |
| 100chr2                    | b.d.l. | 0.14   | 7.62  | 29.80 | 8.68  | 2.09 | 0.97 | 52.74 | 0.12 | 102.15 | b.d.l. | 0.004  | 0.312 | 0.867 | 0.227 | 0.108 | 0.028 | 1.451 | 0.002 | 1.004 | 1.996 |
| 100chr3                    | b.d.l. | 0.05   | 6.96  | 30.04 | 9.08  | 1.88 | 0.89 | 53.23 | 0.11 | 102.25 | b.d.l. | 0.001  | 0.287 | 0.878 | 0.239 | 0.098 | 0.026 | 1.470 | 0.002 | 1.002 | 1.998 |
| 100chr4                    | b.d.l. | 0.15   | 6.62  | 30.66 | 14.63 | 1.61 | 0.89 | 48.36 | 0.15 | 103.06 | b.d.l. | 0.004  | 0.272 | 0.894 | 0.384 | 0.084 | 0.026 | 1.333 | 0.002 | 1.004 | 1.996 |
| 100chr5                    | b.d.l. | 0.20   | 7.60  | 30.34 | 9.74  | 1.86 | 0.85 | 51.52 | 0.19 | 102.03 | b.d.l. | 0.005  | 0.312 | 0.884 | 0.255 | 0.097 | 0.025 | 1.419 | 0.003 | 1.006 | 1.994 |
| 100chr6                    | b.d.l. | 0.19   | 7.15  | 30.73 | 10.58 | 1.66 | 0.88 | 51.52 | 0.18 | 102.89 | b.d.l. | 0.005  | 0.293 | 0.894 | 0.277 | 0.086 | 0.026 | 1.417 | 0.003 | 1.006 | 1.994 |
| 100chr7                    | b.d.l. | 0.22   | 7.50  | 30.30 | 8.56  | 1.84 | 0.92 | 52.68 | 0.14 | 102.16 | b.d.l. | 0.006  | 0.308 | 0.884 | 0.225 | 0.096 | 0.027 | 1.453 | 0.002 | 1.006 | 1.994 |
| 100chr8                    | b.d.l. | 0.15   | 6.56  | 30.60 | 10.76 | 1.69 | 0.90 | 52.36 | 0.11 | 103.14 | b.d.l. | 0.004  | 0.269 | 0.890 | 0.282 | 0.088 | 0.027 | 1.439 | 0.002 | 1.004 | 1.996 |
| 100chr9                    | b.d.l. | 0.14   | 5.20  | 30.37 | 12.54 | 1.51 | 0.89 | 51.54 | 0.13 | 102.33 | b.d.l. | 0.004  | 0.217 | 0.898 | 0.334 | 0.080 | 0.027 | 1.440 | 0.002 | 1.004 | 1.996 |

| Amostrat/<br>Análise (CED) | wt%    |      |       |       |       |      |      |       |      |        | at%    |        |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|----------------------------|--------|------|-------|-------|-------|------|------|-------|------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                            | SiO2   | TiO2 | Al2O3 | FeO   | Fe2O3 | MgO  | MnO  | Cr2O3 | V2O3 | Total  | Si     | Ti     | Al    | Fe2   | Fe3   | Mg    | Mn    | Cr    | V     | R2    | R3    |
| 100chr10                   | b.d.l. | 0.15 | 6.18  | 30.50 | 11.85 | 1.58 | 0.89 | 51.20 | 0.14 | 102.48 | b.d.l. | 0.004  | 0.256 | 0.895 | 0.313 | 0.083 | 0.026 | 1.421 | 0.002 | 1.004 | 1.996 |
| 100chr11                   | b.d.l. | 0.16 | 5.38  | 30.66 | 13.88 | 1.39 | 0.90 | 50.15 | 0.11 | 102.62 | b.d.l. | 0.004  | 0.224 | 0.904 | 0.368 | 0.073 | 0.027 | 1.398 | 0.002 | 1.004 | 1.996 |
| 100chr12                   | b.d.l. | 0.12 | 6.33  | 30.41 | 11.52 | 1.57 | 0.92 | 51.26 | 0.13 | 102.24 | b.d.l. | 0.003  | 0.262 | 0.894 | 0.305 | 0.082 | 0.027 | 1.425 | 0.002 | 1.004 | 1.996 |
| 100chr13                   | b.d.l. | 0.17 | 6.96  | 30.59 | 9.81  | 1.65 | 0.94 | 52.48 | 0.13 | 102.72 | b.d.l. | 0.004  | 0.286 | 0.891 | 0.257 | 0.086 | 0.028 | 1.446 | 0.002 | 1.005 | 1.995 |
| 100chr14                   | b.d.l. | 0.09 | 6.69  | 30.01 | 9.72  | 1.73 | 0.91 | 52.30 | 0.14 | 101.58 | b.d.l. | 0.002  | 0.278 | 0.885 | 0.258 | 0.091 | 0.027 | 1.457 | 0.002 | 1.003 | 1.997 |
| 100chr15                   | b.d.l. | 0.14 | 6.85  | 30.11 | 8.78  | 1.81 | 0.84 | 53.05 | 0.18 | 101.75 | b.d.l. | 0.004  | 0.284 | 0.885 | 0.232 | 0.095 | 0.025 | 1.474 | 0.002 | 1.004 | 1.996 |
| 100chr16                   | b.d.l. | 0.16 | 6.98  | 30.99 | 8.79  | 1.66 | 0.83 | 54.11 | 0.10 | 103.62 | b.d.l. | 0.004  | 0.284 | 0.895 | 0.228 | 0.085 | 0.024 | 1.477 | 0.001 | 1.005 | 1.995 |
| 100chr17                   | b.d.l. | 0.13 | 7.36  | 30.21 | 10.44 | 1.90 | 0.88 | 51.40 | 0.21 | 102.53 | b.d.l. | 0.003  | 0.302 | 0.879 | 0.273 | 0.099 | 0.026 | 1.414 | 0.003 | 1.004 | 1.996 |
| 100chr18                   | b.d.l. | 0.25 | 8.26  | 30.42 | 9.89  | 1.93 | 0.80 | 50.50 | 0.17 | 102.22 | b.d.l. | 0.007  | 0.338 | 0.884 | 0.259 | 0.100 | 0.024 | 1.387 | 0.002 | 1.007 | 1.993 |
| 100chr19                   | b.d.l. | 0.42 | 6.79  | 31.08 | 11.25 | 1.61 | 0.77 | 50.88 | 0.18 | 102.99 | b.d.l. | 0.011  | 0.279 | 0.905 | 0.295 | 0.083 | 0.023 | 1.401 | 0.002 | 1.012 | 1.988 |
| 100chr20                   | b.d.l. | 0.15 | 7.71  | 30.33 | 10.65 | 1.75 | 0.87 | 50.30 | 0.17 | 101.93 | b.d.l. | 0.004  | 0.318 | 0.887 | 0.280 | 0.091 | 0.026 | 1.391 | 0.002 | 1.004 | 1.996 |
| 100chr21                   | b.d.l. | 0.19 | 6.36  | 30.54 | 11.64 | 1.52 | 0.91 | 50.88 | 0.13 | 102.17 | b.d.l. | 0.005  | 0.264 | 0.899 | 0.308 | 0.080 | 0.027 | 1.415 | 0.002 | 1.006 | 1.994 |
| 100chr23                   | b.d.l. | 0.11 | 7.25  | 30.61 | 11.21 | 1.71 | 0.88 | 51.06 | 0.15 | 102.98 | b.d.l. | 0.003  | 0.297 | 0.889 | 0.293 | 0.088 | 0.026 | 1.402 | 0.002 | 1.004 | 1.996 |
| 100chr24                   | b.d.l. | 0.17 | 7.40  | 30.74 | 12.15 | 1.60 | 0.85 | 49.54 | 0.14 | 102.59 | b.d.l. | 0.004  | 0.304 | 0.896 | 0.319 | 0.083 | 0.025 | 1.366 | 0.002 | 1.005 | 1.995 |
| 100chr25                   | b.d.l. | 0.15 | 5.90  | 30.78 | 12.70 | 1.51 | 0.94 | 51.21 | 0.16 | 103.34 | b.d.l. | 0.004  | 0.243 | 0.898 | 0.334 | 0.078 | 0.028 | 1.413 | 0.002 | 1.005 | 1.995 |
| 100chr26                   | b.d.l. | 0.31 | 7.95  | 30.89 | 11.04 | 1.79 | 0.79 | 50.13 | 0.12 | 103.02 | b.d.l. | 0.008  | 0.324 | 0.893 | 0.287 | 0.092 | 0.023 | 1.370 | 0.002 | 1.008 | 1.992 |
| 100chr27                   | b.d.l. | 0.18 | 7.33  | 30.23 | 9.06  | 1.90 | 0.99 | 52.91 | 0.10 | 102.69 | b.d.l. | 0.005  | 0.300 | 0.878 | 0.237 | 0.098 | 0.029 | 1.452 | 0.001 | 1.005 | 1.995 |
| 100chr28                   | b.d.l. | 0.21 | 7.31  | 30.41 | 9.48  | 1.86 | 0.87 | 52.31 | 0.17 | 102.63 | b.d.l. | 0.006  | 0.300 | 0.884 | 0.248 | 0.096 | 0.026 | 1.438 | 0.002 | 1.006 | 1.994 |
| 100chr29                   | b.d.l. | 0.10 | 5.94  | 30.57 | 11.05 | 1.52 | 0.93 | 52.52 | 0.12 | 102.74 | b.d.l. | 0.003  | 0.245 | 0.896 | 0.291 | 0.079 | 0.028 | 1.456 | 0.002 | 1.003 | 1.997 |
| 100chr30                   | b.d.l. | 0.16 | 6.14  | 30.15 | 9.57  | 1.64 | 1.02 | 53.19 | 0.13 | 101.98 | b.d.l. | 0.004  | 0.255 | 0.888 | 0.254 | 0.086 | 0.030 | 1.481 | 0.002 | 1.005 | 1.995 |
| 105Bchr1                   | b.d.l. | 0.03 | 5.31  | 26.65 | 4.70  | 3.94 | 0.67 | 60.00 | 0.17 | 101.47 | b.d.l. | 0.001  | 0.218 | 0.777 | 0.123 | 0.205 | 0.020 | 1.654 | 0.002 | 1.002 | 1.998 |
| 105Bchr2                   | b.d.l. | 0.03 | 5.38  | 26.79 | 4.22  | 3.95 | 0.72 | 60.86 | 0.10 | 102.06 | b.d.l. | 0.001  | 0.220 | 0.776 | 0.110 | 0.204 | 0.021 | 1.667 | 0.001 | 1.001 | 1.999 |
| 105Bchr3                   | b.d.l. | 0.02 | 5.02  | 26.52 | 4.36  | 3.95 | 0.64 | 60.55 | 0.13 | 101.19 | b.d.l. | b.d.l. | 0.207 | 0.776 | 0.115 | 0.206 | 0.019 | 1.675 | 0.002 | 1.001 | 1.999 |
| 105Bchr4                   | b.d.l. | 0.02 | 4.96  | 27.01 | 4.42  | 3.75 | 0.68 | 60.91 | 0.18 | 101.93 | b.d.l. | b.d.l. | 0.204 | 0.787 | 0.116 | 0.195 | 0.020 | 1.676 | 0.002 | 1.001 | 1.999 |
| 105Bchr5                   | b.d.l. | 0.01 | 4.75  | 26.53 | 4.51  | 3.97 | 0.80 | 61.31 | 0.10 | 101.96 | b.d.l. | b.d.l. | 0.195 | 0.771 | 0.118 | 0.205 | 0.024 | 1.685 | 0.001 | 1.001 | 1.999 |
| 105Bchr6                   | b.d.l. | 0.07 | 4.34  | 27.22 | 4.29  | 3.54 | 0.68 | 61.47 | 0.10 | 101.71 | b.d.l. | 0.002  | 0.179 | 0.797 | 0.113 | 0.185 | 0.020 | 1.702 | 0.001 | 1.002 | 1.998 |
| 105Bchr7                   | b.d.l. | 0.12 | 8.54  | 26.26 | 4.88  | 4.52 | 0.61 | 55.93 | 0.19 | 101.06 | b.d.l. | 0.003  | 0.346 | 0.754 | 0.126 | 0.231 | 0.018 | 1.519 | 0.003 | 1.004 | 1.996 |
| 105Bchr8                   | b.d.l. | 0.11 | 8.57  | 26.30 | 4.97  | 4.50 | 0.61 | 55.82 | 0.20 | 101.07 | b.d.l. | 0.003  | 0.347 | 0.756 | 0.129 | 0.230 | 0.018 | 1.516 | 0.003 | 1.004 | 1.996 |
| 105Bchr9                   | b.d.l. | 0.17 | 8.11  | 26.64 | 4.32  | 4.50 | 0.56 | 57.55 | 0.15 | 102.00 | b.d.l. | 0.004  | 0.326 | 0.760 | 0.111 | 0.229 | 0.016 | 1.552 | 0.002 | 1.005 | 1.995 |
| 105Bchr10                  | b.d.l. | 0.17 | 8.30  | 26.45 | 5.48  | 4.64 | 0.60 | 56.39 | 0.12 | 102.16 | b.d.l. | 0.004  | 0.333 | 0.752 | 0.140 | 0.235 | 0.017 | 1.516 | 0.002 | 1.005 | 1.995 |
| 105Bchr11                  | b.d.l. | 0.12 | 8.83  | 26.15 | 5.68  | 4.64 | 0.69 | 55.08 | 0.19 | 101.38 | b.d.l. | 0.003  | 0.356 | 0.748 | 0.146 | 0.236 | 0.020 | 1.488 | 0.003 | 1.004 | 1.996 |
| 105Bchr12                  | b.d.l. | 0.09 | 8.12  | 26.47 | 4.98  | 4.37 | 0.64 | 56.47 | 0.20 | 101.35 | b.d.l. | 0.002  | 0.329 | 0.761 | 0.129 | 0.224 | 0.019 | 1.534 | 0.003 | 1.003 | 1.997 |
| 105Bchr13                  | b.d.l. | 0.66 | 7.73  | 27.15 | 4.94  | 4.46 | 0.63 | 56.69 | 0.17 | 102.44 | b.d.l. | 0.017  | 0.310 | 0.773 | 0.127 | 0.226 | 0.018 | 1.526 | 0.002 | 1.018 | 1.982 |
| 105Bchr14                  | b.d.l. | 0.01 | 5.11  | 27.02 | 4.52  | 3.84 | 0.67 | 60.98 | 0.17 | 102.32 | b.d.l. | b.d.l. | 0.209 | 0.783 | 0.118 | 0.198 | 0.020 | 1.670 | 0.002 | 1.001 | 1.999 |
| 105Bchr15                  | b.d.l. | 0.19 | 7.92  | 26.53 | 5.41  | 4.56 | 0.65 | 56.88 | 0.18 | 102.32 | b.d.l. | 0.005  | 0.318 | 0.756 | 0.139 | 0.231 | 0.019 | 1.531 | 0.002 | 1.006 | 1.994 |
| 105Bchr16                  | b.d.l. | 0.07 | 5.81  | 27.03 | 4.70  | 3.94 | 0.69 | 60.04 | 0.11 | 102.39 | b.d.l. | 0.002  | 0.236 | 0.780 | 0.122 | 0.202 | 0.020 | 1.636 | 0.002 | 1.002 | 1.998 |
| 105Bchr17                  | b.d.l. | 0.22 | 8.10  | 26.48 | 5.75  | 4.52 | 0.68 | 55.99 | 0.18 | 101.90 | b.d.l. | 0.006  | 0.326 | 0.756 | 0.148 | 0.230 | 0.020 | 1.512 | 0.002 | 1.006 | 1.994 |
| 105Bchr18                  | b.d.l. | 0.27 | 8.19  | 26.40 | 4.96  | 4.44 | 0.69 | 56.01 | 0.13 | 101.08 | b.d.l. | 0.007  | 0.332 | 0.760 | 0.128 | 0.228 | 0.020 | 1.523 | 0.002 | 1.007 | 1.993 |
| 105Bchr19                  | b.d.l. | 0.06 | 4.44  | 27.09 | 4.19  | 3.70 | 0.66 | 61.72 | 0.14 | 101.99 | b.d.l. | 0.002  | 0.182 | 0.790 | 0.110 | 0.192 | 0.019 | 1.702 | 0.002 | 1.002 | 1.998 |
| 105Bchr20                  | b.d.l. | 0.02 | 4.44  | 26.79 | 4.38  | 3.64 | 0.67 | 60.81 | 0.19 | 100.93 | b.d.l. | b.d.l. | 0.185 | 0.790 | 0.116 | 0.191 | 0.020 | 1.695 | 0.003 | 1.001 | 1.999 |

| Amostrat/<br>Análise (CED) | wt%    |        | at%   |       |       |       |      |       |      |        |        |        |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|----------------------------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|------|-------|------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                            | SiO2   | TiO2   | Al2O3 | FeO   | Fe2O3 | MgO   | MnO  | Cr2O3 | V2O3 | Total  | Si     | Ti     | Al    | Fe2   | Fe3   | Mg    | Mn    | Cr    | V     | R2    | R3    |
| 105Bchr21                  | b.d.l. | 0.03   | 4.75  | 26.90 | 5.02  | 3.88  | 0.66 | 60.89 | 0.13 | 102.25 | b.d.l. | 0.001  | 0.194 | 0.781 | 0.131 | 0.201 | 0.020 | 1.671 | 0.002 | 1.001 | 1.999 |
| 105Bchr22                  | b.d.l. | 0.02   | 6.35  | 11.97 | 11.98 | 10.12 | 0.60 | 43.81 | 0.06 | 84.91  | b.d.l. | b.d.l. | 0.293 | 0.391 | 0.352 | 0.589 | 0.020 | 1.353 | 0.001 | 1.000 | 2.000 |
| 105Bchr23                  | b.d.l. | 0.01   | 5.01  | 25.92 | 5.21  | 4.29  | 0.69 | 59.92 | 0.09 | 101.13 | b.d.l. | b.d.l. | 0.206 | 0.757 | 0.137 | 0.223 | 0.020 | 1.655 | 0.001 | 1.001 | 1.999 |
| 105Bchr24                  | b.d.l. | b.d.l. | 5.53  | 25.96 | 4.62  | 4.28  | 0.63 | 59.67 | 0.12 | 100.82 | b.d.l. | b.d.l. | 0.228 | 0.759 | 0.121 | 0.223 | 0.019 | 1.649 | 0.002 | 1.000 | 2.000 |
| 105Bchr25                  | b.d.l. | 0.08   | 5.25  | 26.76 | 4.85  | 4.12  | 0.70 | 60.81 | 0.11 | 102.66 | b.d.l. | 0.002  | 0.213 | 0.771 | 0.126 | 0.211 | 0.020 | 1.655 | 0.001 | 1.002 | 1.998 |
| 105Bchr26                  | b.d.l. | 0.03   | 5.15  | 26.84 | 4.71  | 3.74  | 0.75 | 60.07 | 0.15 | 101.43 | b.d.l. | 0.001  | 0.212 | 0.785 | 0.124 | 0.195 | 0.022 | 1.660 | 0.002 | 1.001 | 1.999 |
| 105Bchr27                  | b.d.l. | 0.19   | 7.97  | 26.49 | 5.59  | 4.61  | 0.61 | 56.68 | 0.12 | 102.27 | b.d.l. | 0.005  | 0.320 | 0.754 | 0.143 | 0.234 | 0.018 | 1.525 | 0.002 | 1.005 | 1.995 |
| 105Bchr28                  | b.d.l. | 0.24   | 8.34  | 26.22 | 5.31  | 4.71  | 0.57 | 55.95 | 0.09 | 101.43 | b.d.l. | 0.006  | 0.336 | 0.750 | 0.137 | 0.240 | 0.016 | 1.513 | 0.001 | 1.006 | 1.994 |
| 105Bchr30                  | b.d.l. | 0.05   | 4.73  | 26.93 | 4.40  | 3.81  | 0.65 | 61.19 | 0.12 | 101.86 | b.d.l. | 0.001  | 0.194 | 0.785 | 0.115 | 0.198 | 0.019 | 1.686 | 0.002 | 1.002 | 1.998 |
| 47Cchr1                    | b.d.l. | 0.70   | 9.05  | 24.58 | 5.95  | 6.22  | 0.63 | 54.80 | 0.18 | 102.10 | b.d.l. | 0.018  | 0.358 | 0.690 | 0.150 | 0.311 | 0.018 | 1.453 | 0.002 | 1.018 | 1.982 |
| 47Cchr2                    | b.d.l. | 0.07   | 8.06  | 24.33 | 6.38  | 5.76  | 0.67 | 56.18 | 0.13 | 101.58 | b.d.l. | 0.002  | 0.323 | 0.691 | 0.163 | 0.292 | 0.019 | 1.508 | 0.002 | 1.002 | 1.998 |
| 47Cchr3                    | b.d.l. | 0.12   | 7.78  | 24.18 | 5.65  | 5.79  | 0.69 | 56.85 | 0.19 | 101.26 | b.d.l. | 0.003  | 0.313 | 0.690 | 0.145 | 0.294 | 0.020 | 1.533 | 0.003 | 1.004 | 1.996 |
| 47Cchr4                    | b.d.l. | 0.11   | 7.95  | 24.09 | 5.55  | 5.88  | 0.83 | 57.20 | 0.19 | 101.80 | b.d.l. | 0.003  | 0.317 | 0.683 | 0.141 | 0.297 | 0.024 | 1.532 | 0.003 | 1.003 | 1.997 |
| 47Cchr5                    | b.d.l. | 0.14   | 7.68  | 24.25 | 5.21  | 5.84  | 0.74 | 57.85 | 0.13 | 101.84 | b.d.l. | 0.004  | 0.307 | 0.688 | 0.133 | 0.295 | 0.021 | 1.551 | 0.002 | 1.004 | 1.996 |
| 47Cchr6                    | b.d.l. | 0.11   | 8.95  | 23.99 | 7.22  | 6.06  | 0.70 | 54.36 | 0.12 | 101.51 | b.d.l. | 0.003  | 0.357 | 0.678 | 0.184 | 0.305 | 0.020 | 1.452 | 0.002 | 1.003 | 1.997 |
| 47Cchr7                    | b.d.l. | 0.19   | 7.67  | 24.44 | 6.04  | 5.63  | 0.76 | 56.51 | 0.15 | 101.39 | b.d.l. | 0.005  | 0.308 | 0.697 | 0.155 | 0.286 | 0.022 | 1.524 | 0.002 | 1.005 | 1.995 |
| 47Cchr8                    | b.d.l. | 0.11   | 8.42  | 24.17 | 7.02  | 6.12  | 0.64 | 55.78 | 0.18 | 102.44 | b.d.l. | 0.003  | 0.333 | 0.679 | 0.178 | 0.306 | 0.018 | 1.481 | 0.002 | 1.003 | 1.997 |
| 47Cchr9                    | b.d.l. | 0.09   | 8.42  | 23.95 | 6.88  | 6.03  | 0.75 | 55.45 | 0.13 | 101.69 | b.d.l. | 0.002  | 0.336 | 0.677 | 0.175 | 0.304 | 0.022 | 1.482 | 0.002 | 1.003 | 1.997 |
| 47Cchr10                   | b.d.l. | 0.23   | 8.12  | 24.39 | 6.55  | 5.91  | 0.69 | 56.03 | 0.16 | 102.07 | b.d.l. | 0.006  | 0.323 | 0.689 | 0.166 | 0.298 | 0.020 | 1.496 | 0.002 | 1.006 | 1.994 |
| 47Cchr11                   | b.d.l. | 0.74   | 9.80  | 20.14 | 8.60  | 8.71  | 0.63 | 51.08 | 0.12 | 99.81  | b.d.l. | 0.019  | 0.388 | 0.566 | 0.217 | 0.436 | 0.018 | 1.356 | 0.002 | 1.019 | 1.981 |
| 47Cchr12                   | b.d.l. | 0.10   | 8.41  | 23.94 | 6.19  | 6.10  | 0.76 | 56.31 | 0.16 | 101.98 | b.d.l. | 0.002  | 0.334 | 0.675 | 0.157 | 0.306 | 0.022 | 1.501 | 0.002 | 1.003 | 1.997 |
| 47Cchr13                   | b.d.l. | 0.05   | 8.27  | 24.20 | 7.08  | 6.00  | 0.76 | 56.03 | 0.18 | 102.57 | b.d.l. | 0.001  | 0.328 | 0.680 | 0.179 | 0.300 | 0.022 | 1.488 | 0.002 | 1.002 | 1.998 |
| 47Cchr15                   | b.d.l. | 0.08   | 9.19  | 23.93 | 7.01  | 6.20  | 0.73 | 54.76 | 0.16 | 102.04 | b.d.l. | 0.002  | 0.364 | 0.672 | 0.177 | 0.310 | 0.021 | 1.453 | 0.002 | 1.002 | 1.998 |
| 47Cchr16                   | b.d.l. | 0.09   | 8.47  | 23.70 | 7.04  | 6.19  | 0.75 | 55.33 | 0.11 | 101.69 | b.d.l. | 0.002  | 0.337 | 0.670 | 0.179 | 0.312 | 0.021 | 1.477 | 0.001 | 1.003 | 1.997 |
| 47Cchr17                   | b.d.l. | 0.10   | 8.41  | 23.94 | 6.19  | 6.10  | 0.76 | 56.31 | 0.16 | 101.98 | b.d.l. | 0.002  | 0.334 | 0.675 | 0.157 | 0.306 | 0.022 | 1.501 | 0.002 | 1.003 | 1.997 |
| 47Cchr18                   | b.d.l. | 0.05   | 8.27  | 24.20 | 7.08  | 6.00  | 0.76 | 56.03 | 0.18 | 102.57 | b.d.l. | 0.001  | 0.328 | 0.680 | 0.179 | 0.300 | 0.022 | 1.488 | 0.002 | 1.002 | 1.998 |
| 47Cchr19                   | b.d.l. | 0.03   | 8.66  | 24.07 | 6.87  | 6.01  | 0.79 | 55.64 | 0.12 | 102.18 | b.d.l. | 0.001  | 0.343 | 0.677 | 0.174 | 0.301 | 0.023 | 1.479 | 0.002 | 1.001 | 1.999 |
| 47Cchr20                   | b.d.l. | 0.11   | 8.00  | 24.25 | 6.37  | 5.85  | 0.68 | 56.25 | 0.15 | 101.66 | b.d.l. | 0.003  | 0.320 | 0.688 | 0.163 | 0.296 | 0.020 | 1.509 | 0.002 | 1.003 | 1.997 |
| 47Cchr21                   | b.d.l. | 0.09   | 7.88  | 24.29 | 6.92  | 5.87  | 0.75 | 56.32 | 0.13 | 102.25 | b.d.l. | 0.002  | 0.314 | 0.686 | 0.176 | 0.295 | 0.022 | 1.503 | 0.002 | 1.003 | 1.997 |
| 47Cchr22                   | b.d.l. | 0.05   | 8.26  | 24.12 | 6.68  | 5.88  | 0.66 | 55.70 | 0.07 | 101.43 | b.d.l. | 0.001  | 0.331 | 0.685 | 0.171 | 0.298 | 0.019 | 1.495 | 0.001 | 1.001 | 1.999 |
| 47Cchr23                   | b.d.l. | 0.13   | 8.34  | 23.91 | 6.68  | 6.08  | 0.77 | 55.79 | 0.10 | 101.80 | b.d.l. | 0.003  | 0.332 | 0.676 | 0.170 | 0.306 | 0.022 | 1.490 | 0.001 | 1.004 | 1.996 |
| 47Cchr24                   | b.d.l. | 0.15   | 9.08  | 23.76 | 6.56  | 6.32  | 0.65 | 55.03 | 0.10 | 101.64 | b.d.l. | 0.004  | 0.360 | 0.669 | 0.166 | 0.317 | 0.019 | 1.464 | 0.001 | 1.004 | 1.996 |
| 47Cchr25                   | b.d.l. | 0.18   | 7.73  | 23.92 | 5.50  | 6.00  | 0.78 | 57.31 | 0.16 | 101.57 | b.d.l. | 0.005  | 0.309 | 0.679 | 0.141 | 0.304 | 0.022 | 1.538 | 0.002 | 1.005 | 1.995 |
| 47Cchr26                   | b.d.l. | 0.08   | 8.08  | 23.88 | 6.38  | 6.04  | 0.75 | 56.32 | 0.17 | 101.72 | b.d.l. | 0.002  | 0.322 | 0.676 | 0.163 | 0.305 | 0.022 | 1.508 | 0.002 | 1.003 | 1.997 |
| 47Cchr27                   | b.d.l. | 0.04   | 8.57  | 23.97 | 6.52  | 6.05  | 0.67 | 55.67 | 0.15 | 101.65 | b.d.l. | 0.001  | 0.342 | 0.678 | 0.166 | 0.305 | 0.019 | 1.488 | 0.002 | 1.002 | 1.998 |
| 47Cchr28                   | b.d.l. | 0.12   | 8.94  | 23.98 | 6.96  | 6.11  | 0.68 | 54.77 | 0.08 | 101.64 | b.d.l. | 0.003  | 0.356 | 0.677 | 0.177 | 0.307 | 0.019 | 1.460 | 0.001 | 1.003 | 1.997 |
| 47Cchr29                   | b.d.l. | 0.07   | 8.46  | 23.92 | 6.03  | 6.02  | 0.75 | 56.13 | 0.18 | 101.57 | b.d.l. | 0.002  | 0.338 | 0.677 | 0.154 | 0.304 | 0.022 | 1.502 | 0.003 | 1.002 | 1.998 |
| 47Cchr30                   | b.d.l. | 0.06   | 8.13  | 23.91 | 6.75  | 5.99  | 0.73 | 55.86 | 0.09 | 101.52 | b.d.l. | 0.002  | 0.325 | 0.678 | 0.172 | 0.303 | 0.021 | 1.498 | 0.001 | 1.002 | 1.998 |
| 12an1                      | b.d.l. | 0.09   | 9.17  | 23.52 | 5.49  | 6.48  | 0.75 | 56.41 | 0.15 | 102.07 | b.d.l. | 0.002  | 0.362 | 0.659 | 0.138 | 0.323 | 0.021 | 1.493 | 0.002 | 1.003 | 1.997 |
| 12an2                      | b.d.l. | 0.03   | 5.24  | 24.48 | 4.59  | 5.42  | 0.84 | 61.65 | 0.08 | 102.33 | b.d.l. | 0.001  | 0.211 | 0.700 | 0.118 | 0.276 | 0.024 | 1.668 | 0.001 | 1.001 | 1.999 |

| Amostrat/<br>Análise (CED) | wt%    |        |       |       |       |      |      |       |      |        | at%    |        |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|----------------------------|--------|--------|-------|-------|-------|------|------|-------|------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                            | SiO2   | TiO2   | Al2O3 | FeO   | Fe2O3 | MgO  | MnO  | Cr2O3 | V2O3 | Total  | Si     | Ti     | Al    | Fe2   | Fe3   | Mg    | Mn    | Cr    | V     | R2    | R3    |
| 12an3                      | b.d.l. | 2.20   | 7.24  | 25.18 | 2.23  | 5.80 | 0.78 | 55.34 | 0.14 | 98.92  | b.d.l. | 0.058  | 0.298 | 0.734 | 0.059 | 0.301 | 0.023 | 1.526 | 0.002 | 1.058 | 1.942 |
| 12an4                      | b.d.l. | 0.38   | 8.58  | 23.61 | 4.89  | 6.44 | 0.69 | 56.69 | 0.14 | 101.42 | b.d.l. | 0.010  | 0.342 | 0.667 | 0.124 | 0.324 | 0.020 | 1.513 | 0.002 | 1.010 | 1.990 |
| 12an5                      | b.d.l. | 0.15   | 8.83  | 23.21 | 3.70  | 6.47 | 0.59 | 57.41 | 0.15 | 100.51 | b.d.l. | 0.004  | 0.354 | 0.660 | 0.095 | 0.328 | 0.017 | 1.542 | 0.002 | 1.004 | 1.996 |
| 12an6                      | b.d.l. | b.d.l. | 5.34  | 23.61 | 4.80  | 5.71 | 0.75 | 60.47 | 0.08 | 100.78 | b.d.l. | b.d.l. | 0.218 | 0.684 | 0.125 | 0.295 | 0.022 | 1.655 | 0.001 | 1.000 | 2.000 |
| 12an8                      | b.d.l. | 0.77   | 8.36  | 23.89 | 3.83  | 6.21 | 0.73 | 56.31 | 0.16 | 100.27 | b.d.l. | 0.020  | 0.337 | 0.683 | 0.099 | 0.316 | 0.021 | 1.522 | 0.002 | 1.020 | 1.980 |
| 12an9                      | b.d.l. | 0.36   | 8.52  | 23.25 | 4.45  | 6.56 | 0.67 | 56.98 | 0.07 | 100.86 | b.d.l. | 0.009  | 0.340 | 0.659 | 0.114 | 0.331 | 0.019 | 1.527 | 0.001 | 1.009 | 1.991 |
| 12an10                     | b.d.l. | 0.16   | 8.10  | 23.96 | 4.81  | 6.04 | 0.69 | 57.55 | 0.15 | 101.46 | b.d.l. | 0.004  | 0.324 | 0.680 | 0.123 | 0.305 | 0.020 | 1.543 | 0.002 | 1.005 | 1.995 |
| 12an11                     | b.d.l. | 0.26   | 8.35  | 23.49 | 4.97  | 6.40 | 0.74 | 57.07 | 0.19 | 101.45 | b.d.l. | 0.007  | 0.333 | 0.664 | 0.126 | 0.322 | 0.021 | 1.525 | 0.003 | 1.007 | 1.993 |
| 12an13                     | b.d.l. | 0.12   | 10.04 | 19.16 | 6.91  | 8.58 | 0.60 | 52.06 | 0.11 | 97.58  | b.d.l. | 0.003  | 0.405 | 0.548 | 0.178 | 0.438 | 0.017 | 1.409 | 0.001 | 1.003 | 1.997 |
| 12an14                     | b.d.l. | 0.18   | 8.36  | 23.37 | 5.14  | 6.39 | 0.79 | 57.03 | 0.16 | 101.43 | b.d.l. | 0.005  | 0.333 | 0.661 | 0.131 | 0.322 | 0.023 | 1.524 | 0.002 | 1.005 | 1.995 |
| 12an16                     | b.d.l. | 0.31   | 9.54  | 22.86 | 4.24  | 6.62 | 0.66 | 55.13 | 0.18 | 99.54  | b.d.l. | 0.008  | 0.384 | 0.653 | 0.109 | 0.337 | 0.019 | 1.488 | 0.003 | 1.009 | 1.991 |
| 12an17                     | b.d.l. | 0.14   | 9.31  | 23.12 | 4.44  | 6.50 | 0.72 | 56.11 | 0.23 | 100.56 | b.d.l. | 0.004  | 0.372 | 0.656 | 0.113 | 0.328 | 0.021 | 1.504 | 0.003 | 1.004 | 1.996 |
| 12an19                     | b.d.l. | 0.09   | 5.25  | 24.07 | 4.53  | 5.54 | 0.75 | 60.79 | 0.14 | 101.16 | b.d.l. | 0.002  | 0.214 | 0.696 | 0.118 | 0.285 | 0.022 | 1.661 | 0.002 | 1.003 | 1.997 |
| 12an20                     | b.d.l. | 0.12   | 6.30  | 20.02 | 5.60  | 6.69 | 0.69 | 53.74 | 0.13 | 93.29  | b.d.l. | 0.003  | 0.273 | 0.616 | 0.155 | 0.367 | 0.021 | 1.563 | 0.002 | 1.004 | 1.996 |
| 12an21                     | b.d.l. | 0.09   | 5.31  | 24.25 | 4.61  | 5.51 | 0.75 | 60.92 | 0.14 | 101.58 | b.d.l. | 0.002  | 0.216 | 0.698 | 0.119 | 0.283 | 0.022 | 1.658 | 0.002 | 1.003 | 1.997 |
| 12an22                     | b.d.l. | 0.19   | 8.90  | 23.42 | 4.91  | 6.31 | 0.71 | 56.03 | 0.17 | 100.64 | b.d.l. | 0.005  | 0.357 | 0.666 | 0.126 | 0.319 | 0.021 | 1.505 | 0.002 | 1.006 | 1.994 |
| 12an23                     | b.d.l. | 0.08   | 6.67  | 24.08 | 5.60  | 5.81 | 0.69 | 58.64 | 0.14 | 101.70 | b.d.l. | 0.002  | 0.268 | 0.687 | 0.144 | 0.296 | 0.020 | 1.582 | 0.002 | 1.003 | 1.997 |
| 12an24                     | b.d.l. | 0.14   | 8.93  | 23.32 | 5.40  | 6.33 | 0.71 | 55.62 | 0.14 | 100.59 | b.d.l. | 0.004  | 0.358 | 0.663 | 0.138 | 0.321 | 0.020 | 1.494 | 0.002 | 1.004 | 1.996 |
| 12an25                     | b.d.l. | 0.51   | 8.46  | 23.78 | 4.71  | 6.27 | 0.67 | 56.11 | 0.23 | 100.75 | b.d.l. | 0.013  | 0.339 | 0.677 | 0.121 | 0.318 | 0.019 | 1.510 | 0.003 | 1.014 | 1.986 |
| 12an26                     | b.d.l. | 0.49   | 7.94  | 24.07 | 4.77  | 6.07 | 0.80 | 57.12 | 0.15 | 101.40 | b.d.l. | 0.013  | 0.318 | 0.683 | 0.122 | 0.307 | 0.023 | 1.533 | 0.002 | 1.013 | 1.987 |
| 12an27                     | b.d.l. | 0.12   | 8.56  | 23.29 | 5.24  | 6.52 | 0.66 | 56.87 | 0.18 | 101.45 | b.d.l. | 0.003  | 0.341 | 0.657 | 0.133 | 0.328 | 0.019 | 1.517 | 0.003 | 1.004 | 1.996 |
| 12an28                     | b.d.l. | 0.65   | 8.43  | 23.83 | 5.23  | 6.23 | 0.77 | 55.40 | 0.15 | 100.68 | b.d.l. | 0.017  | 0.338 | 0.679 | 0.134 | 0.316 | 0.022 | 1.492 | 0.002 | 1.017 | 1.983 |
| 12an29                     | b.d.l. | 0.13   | 8.66  | 23.55 | 5.84  | 6.25 | 0.78 | 55.88 | 0.22 | 101.31 | b.d.l. | 0.003  | 0.345 | 0.667 | 0.149 | 0.315 | 0.022 | 1.495 | 0.003 | 1.004 | 1.996 |
| 12an30                     | b.d.l. | 0.13   | 8.11  | 23.28 | 5.15  | 6.31 | 0.74 | 56.94 | 0.19 | 100.84 | b.d.l. | 0.003  | 0.325 | 0.663 | 0.132 | 0.320 | 0.021 | 1.532 | 0.003 | 1.004 | 1.996 |
| 12an31                     | b.d.l. | 0.16   | 7.04  | 23.91 | 5.09  | 6.03 | 0.79 | 58.94 | 0.15 | 102.11 | b.d.l. | 0.004  | 0.281 | 0.678 | 0.130 | 0.304 | 0.023 | 1.578 | 0.002 | 1.005 | 1.995 |
| 12an32                     | b.d.l. | 0.35   | 8.81  | 23.81 | 5.45  | 6.31 | 0.71 | 55.94 | 0.12 | 101.51 | b.d.l. | 0.009  | 0.350 | 0.672 | 0.138 | 0.317 | 0.020 | 1.492 | 0.002 | 1.009 | 1.991 |
| 12an33                     | b.d.l. | 0.32   | 8.70  | 23.47 | 5.48  | 6.40 | 0.71 | 55.74 | 0.15 | 100.98 | b.d.l. | 0.008  | 0.348 | 0.665 | 0.140 | 0.323 | 0.020 | 1.493 | 0.002 | 1.009 | 1.991 |
| 12an34                     | b.d.l. | 0.34   | 7.86  | 23.80 | 4.95  | 6.04 | 0.67 | 56.69 | 0.16 | 100.51 | b.d.l. | 0.009  | 0.317 | 0.682 | 0.128 | 0.308 | 0.019 | 1.535 | 0.002 | 1.009 | 1.991 |
| 12an35                     | b.d.l. | 0.14   | 8.45  | 23.46 | 5.71  | 6.28 | 0.73 | 56.15 | 0.18 | 101.10 | b.d.l. | 0.003  | 0.338 | 0.666 | 0.146 | 0.318 | 0.021 | 1.506 | 0.002 | 1.004 | 1.996 |
| 12an36                     | b.d.l. | 0.14   | 8.81  | 23.25 | 5.69  | 6.50 | 0.60 | 55.78 | 0.14 | 100.91 | b.d.l. | 0.003  | 0.352 | 0.659 | 0.145 | 0.328 | 0.017 | 1.494 | 0.002 | 1.004 | 1.996 |
| 12an37                     | b.d.l. | 0.21   | 6.13  | 24.31 | 3.85  | 5.54 | 0.76 | 60.26 | 0.10 | 101.15 | b.d.l. | 0.005  | 0.248 | 0.700 | 0.100 | 0.284 | 0.022 | 1.639 | 0.001 | 1.006 | 1.994 |
| 12an38                     | b.d.l. | 0.26   | 7.13  | 24.02 | 5.17  | 5.99 | 0.73 | 58.31 | 0.14 | 101.74 | b.d.l. | 0.007  | 0.286 | 0.683 | 0.132 | 0.303 | 0.021 | 1.567 | 0.002 | 1.007 | 1.993 |
| 12an39                     | b.d.l. | 0.17   | 7.62  | 23.86 | 4.56  | 6.09 | 0.68 | 58.41 | 0.15 | 101.55 | b.d.l. | 0.004  | 0.305 | 0.677 | 0.117 | 0.308 | 0.020 | 1.567 | 0.002 | 1.005 | 1.995 |
| 12an41                     | b.d.l. | 0.07   | 8.14  | 23.23 | 5.75  | 6.26 | 0.80 | 56.40 | 0.17 | 100.80 | b.d.l. | 0.002  | 0.327 | 0.662 | 0.147 | 0.318 | 0.023 | 1.519 | 0.002 | 1.002 | 1.998 |
| 12an42                     | b.d.l. | 0.07   | 8.99  | 23.23 | 5.51  | 6.47 | 0.72 | 56.01 | 0.15 | 101.15 | b.d.l. | 0.002  | 0.358 | 0.656 | 0.140 | 0.326 | 0.021 | 1.496 | 0.002 | 1.002 | 1.998 |
| 12an43                     | b.d.l. | 0.12   | 8.78  | 23.53 | 5.81  | 6.24 | 0.82 | 55.73 | 0.27 | 101.31 | b.d.l. | 0.003  | 0.350 | 0.666 | 0.148 | 0.315 | 0.024 | 1.491 | 0.004 | 1.004 | 1.996 |
| 12an44                     | b.d.l. | 0.17   | 6.39  | 24.27 | 4.87  | 5.68 | 0.82 | 59.48 | 0.21 | 101.88 | b.d.l. | 0.004  | 0.257 | 0.693 | 0.125 | 0.289 | 0.024 | 1.605 | 0.003 | 1.005 | 1.995 |
| 12an45                     | b.d.l. | 0.10   | 9.32  | 23.24 | 5.56  | 6.45 | 0.70 | 55.30 | 0.14 | 100.80 | b.d.l. | 0.002  | 0.372 | 0.658 | 0.142 | 0.325 | 0.020 | 1.479 | 0.002 | 1.003 | 1.997 |
| 12an46                     | b.d.l. | 0.15   | 8.21  | 23.59 | 5.10  | 6.22 | 0.72 | 57.05 | 0.16 | 101.20 | b.d.l. | 0.004  | 0.329 | 0.669 | 0.130 | 0.314 | 0.021 | 1.530 | 0.002 | 1.004 | 1.996 |
| 12an48                     | b.d.l. | 11.16  | 7.22  | 23.80 | 0.00  | 5.10 | 0.63 | 48.55 | 0.29 | 96.75  | b.d.l. | 0.302  | 0.306 | 0.716 | 0.000 | 0.273 | 0.019 | 1.380 | 0.004 | 1.008 | 1.992 |

| Amostrat/<br>Análise (CED) | wt%    |        |       |       |       |      |      |       |      |        | at%    |        |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|----------------------------|--------|--------|-------|-------|-------|------|------|-------|------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                            | SiO2   | TiO2   | Al2O3 | FeO   | Fe2O3 | MgO  | MnO  | Cr2O3 | V2O3 | Total  | Si     | Ti     | Al    | Fe2   | Fe3   | Mg    | Mn    | Cr    | V     | R2    | R3    |
| 12an49                     | b.d.l. | 0.09   | 9.70  | 23.14 | 5.37  | 6.68 | 0.65 | 55.44 | 0.19 | 101.26 | b.d.l. | 0.002  | 0.384 | 0.650 | 0.136 | 0.334 | 0.019 | 1.472 | 0.003 | 1.003 | 1.997 |
| 12an50                     | b.d.l. | 9.89   | 6.44  | 23.38 | 0.00  | 4.77 | 0.64 | 48.99 | 0.23 | 94.33  | b.d.l. | 0.275  | 0.281 | 0.724 | 0.000 | 0.263 | 0.020 | 1.434 | 0.003 | 1.006 | 1.994 |
| 47Ban1                     | b.d.l. | 0.18   | 7.08  | 24.09 | 5.23  | 5.67 | 0.76 | 57.60 | 0.17 | 100.78 | b.d.l. | 0.005  | 0.287 | 0.693 | 0.135 | 0.290 | 0.022 | 1.566 | 0.002 | 1.005 | 1.995 |
| 47Ban2                     | b.d.l. | 0.07   | 7.27  | 24.07 | 6.02  | 5.86 | 0.74 | 57.67 | 0.14 | 101.83 | b.d.l. | 0.002  | 0.291 | 0.684 | 0.154 | 0.297 | 0.021 | 1.549 | 0.002 | 1.002 | 1.998 |
| 47Ban3                     | b.d.l. | 0.13   | 7.00  | 24.14 | 5.78  | 5.78 | 0.75 | 57.93 | 0.11 | 101.63 | b.d.l. | 0.003  | 0.281 | 0.688 | 0.148 | 0.294 | 0.022 | 1.562 | 0.002 | 1.004 | 1.996 |
| 47Ban4                     | b.d.l. | 0.18   | 7.01  | 24.16 | 5.26  | 5.52 | 0.76 | 57.27 | 0.14 | 100.30 | b.d.l. | 0.005  | 0.286 | 0.699 | 0.137 | 0.285 | 0.022 | 1.565 | 0.002 | 1.005 | 1.995 |
| 47Ban5                     | b.d.l. | 0.15   | 7.66  | 23.98 | 5.92  | 5.93 | 0.71 | 56.91 | 0.11 | 101.37 | b.d.l. | 0.004  | 0.307 | 0.683 | 0.152 | 0.301 | 0.021 | 1.532 | 0.001 | 1.004 | 1.996 |
| 47Ban6                     | b.d.l. | 0.13   | 7.82  | 24.08 | 5.27  | 5.80 | 0.74 | 57.04 | 0.18 | 101.04 | b.d.l. | 0.003  | 0.315 | 0.688 | 0.135 | 0.295 | 0.021 | 1.540 | 0.002 | 1.004 | 1.996 |
| 47Ban7                     | b.d.l. | 0.39   | 7.25  | 24.18 | 5.39  | 5.82 | 0.75 | 57.11 | 0.17 | 101.05 | b.d.l. | 0.010  | 0.292 | 0.692 | 0.139 | 0.297 | 0.022 | 1.545 | 0.002 | 1.011 | 1.989 |
| 47Ban8                     | b.d.l. | 0.01   | 5.69  | 24.38 | 4.41  | 5.31 | 0.64 | 60.09 | 0.18 | 100.73 | b.d.l. | b.d.l. | 0.233 | 0.708 | 0.115 | 0.275 | 0.019 | 1.648 | 0.003 | 1.001 | 1.999 |
| 47Ban9                     | b.d.l. | b.d.l. | 6.04  | 24.46 | 4.66  | 5.33 | 0.82 | 59.97 | 0.17 | 101.45 | b.d.l. | b.d.l. | 0.245 | 0.704 | 0.121 | 0.273 | 0.024 | 1.631 | 0.002 | 1.001 | 1.999 |
| 47Ban10                    | b.d.l. | 0.06   | 5.90  | 23.76 | 4.63  | 5.72 | 0.76 | 59.93 | 0.12 | 100.87 | b.d.l. | 0.001  | 0.240 | 0.686 | 0.120 | 0.294 | 0.022 | 1.635 | 0.002 | 1.002 | 1.998 |
| 47Ban11                    | b.d.l. | 0.11   | 6.96  | 24.40 | 4.89  | 5.57 | 0.68 | 58.46 | 0.18 | 101.24 | b.d.l. | 0.003  | 0.281 | 0.699 | 0.126 | 0.284 | 0.020 | 1.584 | 0.003 | 1.003 | 1.997 |
| 47Ban12                    | b.d.l. | 0.06   | 6.32  | 24.95 | 4.15  | 5.30 | 0.68 | 60.50 | 0.15 | 102.11 | b.d.l. | 0.001  | 0.254 | 0.713 | 0.107 | 0.269 | 0.020 | 1.633 | 0.002 | 1.002 | 1.998 |
| 47Ban13                    | b.d.l. | 0.06   | 8.68  | 23.53 | 5.67  | 6.14 | 0.75 | 55.77 | 0.18 | 100.77 | b.d.l. | 0.002  | 0.348 | 0.670 | 0.145 | 0.311 | 0.022 | 1.500 | 0.003 | 1.002 | 1.998 |
| 47Ban14                    | b.d.l. | 0.05   | 8.68  | 23.85 | 5.93  | 5.82 | 0.75 | 55.09 | 0.15 | 100.30 | b.d.l. | 0.001  | 0.350 | 0.683 | 0.153 | 0.297 | 0.022 | 1.492 | 0.002 | 1.002 | 1.998 |
| 47Ban15                    | b.d.l. | 0.01   | 8.29  | 23.72 | 6.77  | 6.08 | 0.72 | 55.67 | 0.14 | 101.41 | b.d.l. | b.d.l. | 0.332 | 0.673 | 0.173 | 0.307 | 0.021 | 1.493 | 0.002 | 1.001 | 1.999 |
| 47Ban16                    | b.d.l. | 0.30   | 7.75  | 24.24 | 5.68  | 5.69 | 0.75 | 56.17 | 0.09 | 100.66 | b.d.l. | 0.008  | 0.313 | 0.695 | 0.147 | 0.291 | 0.022 | 1.523 | 0.001 | 1.008 | 1.992 |
| 47Ban17                    | b.d.l. | 0.13   | 8.33  | 23.68 | 6.52  | 6.13 | 0.73 | 55.47 | 0.18 | 101.17 | b.d.l. | 0.003  | 0.334 | 0.673 | 0.167 | 0.310 | 0.021 | 1.490 | 0.002 | 1.004 | 1.996 |
| 47Ban18                    | b.d.l. | 0.15   | 8.16  | 24.03 | 6.52  | 5.92 | 0.66 | 55.51 | 0.16 | 101.12 | b.d.l. | 0.004  | 0.328 | 0.685 | 0.167 | 0.300 | 0.019 | 1.495 | 0.002 | 1.004 | 1.996 |
| 47Ban19                    | b.d.l. | 0.18   | 7.51  | 24.08 | 5.81  | 5.83 | 0.80 | 57.07 | 0.18 | 101.45 | b.d.l. | 0.005  | 0.302 | 0.686 | 0.149 | 0.296 | 0.023 | 1.537 | 0.002 | 1.005 | 1.995 |
| 47Ban20                    | b.d.l. | 0.17   | 7.78  | 24.15 | 5.51  | 5.71 | 0.71 | 56.53 | 0.15 | 100.70 | b.d.l. | 0.004  | 0.315 | 0.693 | 0.142 | 0.292 | 0.021 | 1.532 | 0.002 | 1.005 | 1.995 |
| 47Ban21                    | b.d.l. | 0.14   | 6.80  | 24.55 | 5.40  | 5.63 | 0.66 | 58.64 | 0.14 | 101.97 | b.d.l. | 0.004  | 0.273 | 0.699 | 0.139 | 0.286 | 0.019 | 1.579 | 0.002 | 1.004 | 1.996 |
| 47Ban22                    | b.d.l. | 0.13   | 7.89  | 23.90 | 5.98  | 6.01 | 0.69 | 56.62 | 0.15 | 101.35 | b.d.l. | 0.003  | 0.316 | 0.680 | 0.153 | 0.304 | 0.020 | 1.522 | 0.002 | 1.004 | 1.996 |
| 47Ban23                    | b.d.l. | 0.07   | 7.76  | 23.72 | 5.66  | 5.82 | 0.79 | 56.47 | 0.15 | 100.44 | b.d.l. | 0.002  | 0.314 | 0.681 | 0.146 | 0.298 | 0.023 | 1.533 | 0.002 | 1.002 | 1.998 |
| 47Ban24                    | b.d.l. | 0.08   | 8.86  | 23.97 | 6.05  | 6.08 | 0.71 | 55.78 | 0.15 | 101.68 | b.d.l. | 0.002  | 0.352 | 0.676 | 0.153 | 0.306 | 0.020 | 1.488 | 0.002 | 1.002 | 1.998 |
| 47Ban25                    | b.d.l. | 0.13   | 7.93  | 23.99 | 6.07  | 5.95 | 0.67 | 56.44 | 0.12 | 101.30 | b.d.l. | 0.003  | 0.318 | 0.683 | 0.155 | 0.302 | 0.019 | 1.518 | 0.002 | 1.004 | 1.996 |
| 47Ban27                    | b.d.l. | 0.06   | 7.21  | 24.17 | 5.62  | 5.64 | 0.72 | 57.50 | 0.15 | 101.06 | b.d.l. | 0.001  | 0.292 | 0.693 | 0.145 | 0.288 | 0.021 | 1.558 | 0.002 | 1.002 | 1.998 |
| 47Ban28                    | b.d.l. | 0.13   | 7.00  | 24.31 | 4.79  | 5.59 | 0.69 | 58.32 | 0.14 | 100.97 | b.d.l. | 0.003  | 0.284 | 0.698 | 0.124 | 0.286 | 0.020 | 1.583 | 0.002 | 1.004 | 1.996 |
| 47Ban29                    | b.d.l. | 0.06   | 6.70  | 24.05 | 5.67  | 5.68 | 0.77 | 58.24 | 0.13 | 101.30 | b.d.l. | 0.001  | 0.271 | 0.689 | 0.146 | 0.290 | 0.022 | 1.578 | 0.002 | 1.002 | 1.998 |
| 47Ban30                    | b.d.l. | 0.10   | 7.01  | 24.31 | 5.80  | 5.81 | 0.73 | 58.41 | 0.15 | 102.30 | b.d.l. | 0.002  | 0.280 | 0.689 | 0.148 | 0.293 | 0.021 | 1.565 | 0.002 | 1.003 | 1.997 |
| 47Ban32                    | b.d.l. | 0.03   | 8.75  | 23.51 | 6.18  | 6.24 | 0.69 | 55.59 | 0.13 | 101.12 | b.d.l. | 0.001  | 0.350 | 0.666 | 0.158 | 0.315 | 0.020 | 1.489 | 0.002 | 1.001 | 1.999 |
| 47Ban34                    | b.d.l. | 0.12   | 8.91  | 23.52 | 6.21  | 6.21 | 0.63 | 54.71 | 0.16 | 100.47 | b.d.l. | 0.003  | 0.358 | 0.670 | 0.159 | 0.315 | 0.018 | 1.474 | 0.002 | 1.004 | 1.996 |
| 47Ban36                    | b.d.l. | 0.16   | 8.08  | 24.26 | 6.17  | 5.93 | 0.67 | 56.42 | 0.20 | 101.90 | b.d.l. | 0.004  | 0.322 | 0.687 | 0.157 | 0.299 | 0.019 | 1.509 | 0.003 | 1.005 | 1.995 |
| 47Ban37                    | b.d.l. | 0.19   | 7.57  | 24.40 | 5.17  | 5.72 | 0.72 | 57.70 | 0.12 | 101.61 | b.d.l. | 0.005  | 0.304 | 0.694 | 0.132 | 0.290 | 0.021 | 1.552 | 0.002 | 1.005 | 1.995 |
| 47Ban38                    | b.d.l. | 0.63   | 6.99  | 24.74 | 4.66  | 5.69 | 0.67 | 57.88 | 0.13 | 101.39 | b.d.l. | 0.016  | 0.282 | 0.707 | 0.120 | 0.290 | 0.020 | 1.564 | 0.002 | 1.017 | 1.983 |
| 47Ban39                    | b.d.l. | 0.40   | 7.03  | 24.65 | 4.82  | 5.63 | 0.80 | 58.29 | 0.19 | 101.80 | b.d.l. | 0.010  | 0.282 | 0.702 | 0.124 | 0.286 | 0.023 | 1.570 | 0.003 | 1.011 | 1.989 |
| 47Ban41                    | b.d.l. | 0.14   | 7.08  | 24.69 | 4.56  | 5.44 | 0.68 | 58.56 | 0.19 | 101.32 | b.d.l. | 0.004  | 0.286 | 0.707 | 0.118 | 0.277 | 0.020 | 1.586 | 0.003 | 1.004 | 1.996 |
| 47Ban42                    | b.d.l. | 0.05   | 6.14  | 24.21 | 4.66  | 5.44 | 0.76 | 59.40 | 0.20 | 100.86 | b.d.l. | 0.001  | 0.250 | 0.700 | 0.121 | 0.280 | 0.022 | 1.623 | 0.003 | 1.002 | 1.998 |
| 47Ban43                    | b.d.l. | 0.35   | 7.63  | 24.53 | 5.69  | 5.85 | 0.73 | 57.17 | 0.20 | 102.15 | b.d.l. | 0.009  | 0.304 | 0.694 | 0.145 | 0.295 | 0.021 | 1.529 | 0.003 | 1.010 | 1.990 |

| Amostr/<br>Análise (CED) | wt%    |      |       |       |       |      |      |       |      |        | at%    |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|--------------------------|--------|------|-------|-------|-------|------|------|-------|------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                          | SiO2   | TiO2 | Al2O3 | FeO   | Fe2O3 | MgO  | MnO  | Cr2O3 | V2O3 | Total  | Si     | Ti    | Al    | Fe2   | Fe3   | Mg    | Mn    | Cr    | V     | R2    | R3    |
| 47Ban44                  | b.d.l. | 0.72 | 7.68  | 24.49 | 5.58  | 5.91 | 0.65 | 55.86 | 0.15 | 101.03 | b.d.l. | 0.018 | 0.309 | 0.700 | 0.143 | 0.301 | 0.019 | 1.508 | 0.002 | 1.019 | 1.981 |
| 47Ban45                  | b.d.l. | 0.21 | 7.53  | 24.42 | 5.77  | 5.73 | 0.64 | 56.99 | 0.16 | 101.43 | b.d.l. | 0.005 | 0.303 | 0.696 | 0.148 | 0.291 | 0.018 | 1.536 | 0.002 | 1.006 | 1.994 |
| 47Ban46                  | b.d.l. | 0.61 | 7.15  | 24.67 | 5.14  | 5.57 | 0.76 | 56.83 | 0.17 | 100.89 | b.d.l. | 0.016 | 0.289 | 0.709 | 0.133 | 0.285 | 0.022 | 1.543 | 0.002 | 1.016 | 1.984 |
| 47Ban47                  | b.d.l. | 0.05 | 6.77  | 24.43 | 5.18  | 5.60 | 0.67 | 58.88 | 0.18 | 101.76 | b.d.l. | 0.001 | 0.272 | 0.698 | 0.133 | 0.285 | 0.019 | 1.589 | 0.002 | 1.002 | 1.998 |
| 47Ban48                  | b.d.l. | 0.05 | 8.44  | 23.77 | 6.17  | 6.03 | 0.76 | 55.84 | 0.19 | 101.25 | b.d.l. | 0.001 | 0.338 | 0.675 | 0.158 | 0.305 | 0.022 | 1.499 | 0.003 | 1.002 | 1.998 |
| 47Ban50                  | b.d.l. | 0.06 | 8.68  | 23.74 | 6.03  | 6.10 | 0.70 | 55.71 | 0.11 | 101.11 | b.d.l. | 0.001 | 0.347 | 0.674 | 0.154 | 0.308 | 0.020 | 1.494 | 0.001 | 1.002 | 1.998 |
| 106Can1                  | b.d.l. | 0.17 | 7.51  | 27.91 | 7.27  | 3.25 | 0.88 | 54.32 | 0.13 | 101.44 | b.d.l. | 0.004 | 0.308 | 0.811 | 0.190 | 0.168 | 0.026 | 1.491 | 0.002 | 1.005 | 1.995 |
| 106Can2                  | b.d.l. | 0.04 | 4.92  | 28.38 | 6.53  | 2.71 | 1.01 | 58.65 | 0.11 | 102.35 | b.d.l. | 0.001 | 0.203 | 0.830 | 0.172 | 0.141 | 0.030 | 1.621 | 0.002 | 1.001 | 1.999 |
| 106Can3                  | b.d.l. | 0.02 | 6.39  | 27.87 | 7.18  | 3.10 | 0.85 | 55.89 | 0.13 | 101.42 | b.d.l. | 0.001 | 0.263 | 0.815 | 0.189 | 0.161 | 0.025 | 1.544 | 0.002 | 1.001 | 1.999 |
| 106Can4                  | b.d.l. | 0.14 | 8.27  | 27.98 | 8.00  | 3.39 | 0.81 | 53.06 | 0.15 | 101.80 | b.d.l. | 0.004 | 0.336 | 0.807 | 0.208 | 0.174 | 0.024 | 1.446 | 0.002 | 1.004 | 1.996 |
| 106Can5                  | b.d.l. | 0.11 | 7.89  | 27.81 | 8.05  | 3.30 | 0.97 | 53.37 | 0.16 | 101.66 | b.d.l. | 0.003 | 0.322 | 0.805 | 0.210 | 0.170 | 0.029 | 1.460 | 0.002 | 1.004 | 1.996 |
| 106Can6                  | b.d.l. | 0.11 | 7.62  | 28.07 | 8.68  | 3.21 | 0.91 | 53.32 | 0.07 | 101.98 | b.d.l. | 0.003 | 0.311 | 0.811 | 0.226 | 0.165 | 0.027 | 1.457 | 0.001 | 1.003 | 1.997 |
| 106Can7                  | b.d.l. | 0.04 | 7.58  | 27.62 | 8.02  | 3.39 | 0.93 | 54.06 | 0.06 | 101.70 | b.d.l. | 0.001 | 0.309 | 0.799 | 0.209 | 0.175 | 0.027 | 1.479 | 0.001 | 1.001 | 1.999 |
| 106Can8                  | b.d.l. | 0.05 | 7.67  | 27.85 | 8.50  | 3.45 | 0.89 | 54.04 | 0.09 | 102.53 | b.d.l. | 0.001 | 0.310 | 0.799 | 0.220 | 0.177 | 0.026 | 1.466 | 0.001 | 1.002 | 1.998 |
| 106Can9                  | b.d.l. | 0.15 | 7.45  | 28.04 | 8.05  | 3.25 | 0.93 | 54.11 | 0.15 | 102.12 | b.d.l. | 0.004 | 0.303 | 0.810 | 0.209 | 0.167 | 0.027 | 1.477 | 0.002 | 1.004 | 1.996 |
| 106Can10                 | b.d.l. | 0.08 | 7.75  | 27.87 | 7.74  | 3.27 | 0.89 | 53.81 | 0.17 | 101.56 | b.d.l. | 0.002 | 0.317 | 0.808 | 0.202 | 0.169 | 0.026 | 1.474 | 0.002 | 1.003 | 1.997 |
| 106Can11                 | b.d.l. | 0.07 | 8.04  | 27.78 | 8.24  | 3.35 | 0.92 | 53.19 | 0.11 | 101.69 | b.d.l. | 0.002 | 0.328 | 0.803 | 0.214 | 0.172 | 0.027 | 1.453 | 0.001 | 1.002 | 1.998 |
| 106Can12                 | b.d.l. | 0.21 | 8.29  | 28.20 | 8.13  | 3.37 | 0.80 | 53.01 | 0.17 | 102.19 | b.d.l. | 0.005 | 0.336 | 0.810 | 0.210 | 0.172 | 0.023 | 1.440 | 0.002 | 1.006 | 1.994 |
| 106Can13                 | b.d.l. | 0.32 | 8.03  | 28.25 | 7.82  | 3.22 | 0.85 | 52.90 | 0.19 | 101.57 | b.d.l. | 0.008 | 0.328 | 0.818 | 0.204 | 0.166 | 0.025 | 1.448 | 0.003 | 1.009 | 1.991 |
| 106Can14                 | b.d.l. | 0.07 | 8.63  | 27.70 | 7.01  | 3.51 | 0.82 | 53.69 | 0.12 | 101.55 | b.d.l. | 0.002 | 0.351 | 0.798 | 0.182 | 0.180 | 0.024 | 1.462 | 0.002 | 1.002 | 1.998 |
| 106Can15                 | b.d.l. | 0.11 | 8.37  | 27.88 | 7.50  | 3.43 | 0.87 | 53.68 | 0.11 | 101.95 | b.d.l. | 0.003 | 0.339 | 0.802 | 0.194 | 0.176 | 0.025 | 1.459 | 0.002 | 1.003 | 1.997 |
| 106Can16                 | b.d.l. | 0.07 | 8.53  | 27.73 | 6.61  | 3.50 | 0.89 | 54.41 | 0.10 | 101.83 | b.d.l. | 0.002 | 0.346 | 0.797 | 0.171 | 0.179 | 0.026 | 1.478 | 0.001 | 1.002 | 1.998 |
| 106Can17                 | b.d.l. | 0.09 | 8.51  | 27.80 | 8.26  | 3.27 | 0.87 | 51.96 | 0.17 | 100.92 | b.d.l. | 0.002 | 0.349 | 0.808 | 0.216 | 0.169 | 0.026 | 1.428 | 0.002 | 1.003 | 1.997 |
| 106Can18                 | b.d.l. | 0.11 | 8.61  | 28.13 | 8.27  | 3.32 | 0.85 | 52.61 | 0.13 | 102.03 | b.d.l. | 0.003 | 0.349 | 0.809 | 0.214 | 0.170 | 0.025 | 1.429 | 0.002 | 1.003 | 1.997 |
| 106Can20                 | b.d.l. | 0.13 | 7.65  | 28.10 | 7.35  | 3.19 | 0.89 | 54.43 | 0.08 | 101.81 | b.d.l. | 0.003 | 0.312 | 0.813 | 0.191 | 0.165 | 0.026 | 1.489 | 0.001 | 1.004 | 1.996 |
| 106Can21                 | b.d.l. | 0.10 | 8.57  | 28.13 | 6.70  | 3.38 | 0.89 | 54.48 | 0.13 | 102.39 | b.d.l. | 0.003 | 0.346 | 0.805 | 0.173 | 0.172 | 0.026 | 1.474 | 0.002 | 1.003 | 1.997 |
| 106Can22                 | b.d.l. | 0.12 | 7.93  | 27.43 | 7.29  | 3.32 | 0.84 | 52.95 | 0.17 | 100.05 | b.d.l. | 0.003 | 0.328 | 0.805 | 0.193 | 0.174 | 0.025 | 1.470 | 0.002 | 1.004 | 1.996 |
| 106Can23                 | b.d.l. | 0.42 | 7.61  | 28.16 | 7.21  | 3.33 | 0.87 | 54.07 | 0.13 | 101.79 | b.d.l. | 0.011 | 0.310 | 0.814 | 0.188 | 0.172 | 0.025 | 1.478 | 0.002 | 1.011 | 1.989 |
| 106Can24                 | b.d.l. | 0.12 | 8.06  | 28.00 | 7.82  | 3.37 | 0.91 | 53.79 | 0.18 | 102.25 | b.d.l. | 0.003 | 0.327 | 0.805 | 0.202 | 0.173 | 0.026 | 1.462 | 0.002 | 1.004 | 1.996 |
| 106Can25                 | b.d.l. | 0.10 | 8.14  | 28.06 | 7.76  | 3.35 | 0.86 | 53.77 | 0.18 | 102.20 | b.d.l. | 0.003 | 0.330 | 0.807 | 0.201 | 0.171 | 0.025 | 1.461 | 0.002 | 1.003 | 1.997 |
| 106Can26                 | b.d.l. | 1.39 | 7.51  | 29.28 | 6.00  | 3.18 | 0.84 | 53.37 | 0.16 | 101.73 | b.d.l. | 0.036 | 0.307 | 0.848 | 0.156 | 0.164 | 0.025 | 1.461 | 0.002 | 1.037 | 1.963 |
| 106Can27                 | b.d.l. | 0.08 | 7.69  | 28.02 | 7.52  | 3.24 | 0.92 | 54.36 | 0.18 | 102.01 | b.d.l. | 0.002 | 0.313 | 0.809 | 0.195 | 0.167 | 0.027 | 1.484 | 0.002 | 1.003 | 1.997 |
| 106Can28                 | b.d.l. | 0.16 | 7.77  | 28.34 | 7.79  | 3.31 | 0.81 | 54.45 | 0.15 | 102.79 | b.d.l. | 0.004 | 0.314 | 0.812 | 0.201 | 0.169 | 0.024 | 1.475 | 0.002 | 1.005 | 1.995 |
| 106Can29                 | b.d.l. | 0.26 | 7.36  | 28.36 | 6.80  | 3.24 | 0.81 | 55.37 | 0.16 | 102.37 | b.d.l. | 0.007 | 0.299 | 0.817 | 0.176 | 0.166 | 0.024 | 1.508 | 0.002 | 1.007 | 1.993 |
| 106Can30                 | b.d.l. | 0.13 | 7.20  | 28.43 | 7.44  | 3.13 | 0.86 | 55.34 | 0.15 | 102.67 | b.d.l. | 0.003 | 0.292 | 0.818 | 0.193 | 0.160 | 0.025 | 1.506 | 0.002 | 1.004 | 1.996 |
| 106Can31                 | b.d.l. | 0.16 | 7.46  | 28.16 | 7.26  | 3.21 | 0.92 | 54.88 | 0.14 | 102.20 | b.d.l. | 0.004 | 0.304 | 0.813 | 0.188 | 0.165 | 0.027 | 1.497 | 0.002 | 1.005 | 1.995 |
| 106Can32                 | b.d.l. | 0.11 | 7.35  | 28.49 | 6.96  | 3.18 | 0.90 | 56.10 | 0.11 | 103.20 | b.d.l. | 0.003 | 0.296 | 0.815 | 0.179 | 0.162 | 0.026 | 1.517 | 0.001 | 1.003 | 1.997 |
| 106Can33                 | b.d.l. | 0.07 | 6.19  | 28.47 | 6.29  | 2.74 | 0.85 | 56.79 | 0.12 | 101.52 | b.d.l. | 0.002 | 0.255 | 0.834 | 0.166 | 0.143 | 0.025 | 1.573 | 0.002 | 1.002 | 1.998 |
| 106Can34                 | b.d.l. | 0.22 | 7.56  | 28.04 | 8.21  | 3.17 | 0.94 | 53.16 | 0.20 | 101.49 | b.d.l. | 0.006 | 0.310 | 0.815 | 0.215 | 0.164 | 0.028 | 1.461 | 0.003 | 1.007 | 1.993 |
| 106Can35                 | b.d.l. | 0.26 | 7.67  | 28.25 | 8.53  | 3.29 | 0.95 | 53.48 | 0.22 | 102.65 | b.d.l. | 0.007 | 0.310 | 0.811 | 0.221 | 0.168 | 0.028 | 1.452 | 0.003 | 1.007 | 1.993 |

| Amostrat/<br>Análise (CED) | wt%    |        |       |       |       |      |      |       |      |        | at%    |        |       |       |       |       |       |       |        |       |       |
|----------------------------|--------|--------|-------|-------|-------|------|------|-------|------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|
|                            | SiO2   | TiO2   | Al2O3 | FeO   | Fe2O3 | MgO  | MnO  | Cr2O3 | V2O3 | Total  | Si     | Ti     | Al    | Fe2   | Fe3   | Mg    | Mn    | Cr    | V      | R2    | R3    |
| 106Can36                   | b.d.l. | 0.14   | 7.46  | 28.27 | 8.28  | 3.17 | 0.88 | 53.97 | 0.17 | 102.32 | b.d.l. | 0.004  | 0.303 | 0.816 | 0.215 | 0.163 | 0.026 | 1.472 | 0.002  | 1.004 | 1.996 |
| 106Can37                   | b.d.l. | 0.09   | 7.43  | 27.99 | 8.38  | 3.12 | 0.86 | 53.28 | 0.13 | 101.27 | b.d.l. | 0.002  | 0.305 | 0.816 | 0.220 | 0.162 | 0.025 | 1.468 | 0.002  | 1.003 | 1.997 |
| 106Can38                   | b.d.l. | 0.13   | 7.87  | 28.05 | 8.56  | 3.35 | 0.82 | 53.30 | 0.06 | 102.13 | b.d.l. | 0.003  | 0.320 | 0.808 | 0.222 | 0.172 | 0.024 | 1.451 | 0.001  | 1.004 | 1.996 |
| 106Can39                   | b.d.l. | 0.08   | 6.75  | 27.85 | 7.92  | 3.19 | 0.92 | 54.95 | 0.08 | 101.74 | b.d.l. | 0.002  | 0.277 | 0.810 | 0.207 | 0.165 | 0.027 | 1.511 | 0.001  | 1.002 | 1.998 |
| 106Can40                   | b.d.l. | 0.11   | 7.54  | 27.80 | 7.94  | 3.20 | 0.89 | 53.49 | 0.11 | 101.09 | b.d.l. | 0.003  | 0.310 | 0.811 | 0.208 | 0.166 | 0.026 | 1.474 | 0.002  | 1.003 | 1.997 |
| 106Can41                   | b.d.l. | 0.13   | 6.76  | 28.27 | 7.33  | 2.99 | 0.93 | 55.47 | 0.09 | 101.96 | b.d.l. | 0.003  | 0.277 | 0.822 | 0.192 | 0.155 | 0.027 | 1.523 | 0.001  | 1.004 | 1.996 |
| 106Can42                   | b.d.l. | 0.14   | 4.75  | 28.91 | 5.72  | 2.59 | 0.93 | 59.78 | 0.08 | 102.89 | b.d.l. | 0.004  | 0.195 | 0.842 | 0.150 | 0.134 | 0.027 | 1.646 | 0.001  | 1.004 | 1.996 |
| 106Can43                   | b.d.l. | 0.11   | 7.99  | 27.80 | 8.16  | 3.36 | 0.91 | 53.18 | 0.14 | 101.65 | b.d.l. | 0.003  | 0.326 | 0.804 | 0.212 | 0.173 | 0.027 | 1.454 | 0.002  | 1.003 | 1.997 |
| 106Can44                   | b.d.l. | 0.04   | 7.97  | 27.91 | 7.96  | 3.31 | 0.85 | 53.54 | 0.19 | 101.78 | b.d.l. | 0.001  | 0.325 | 0.807 | 0.207 | 0.170 | 0.025 | 1.463 | 0.003  | 1.002 | 1.998 |
| 106Can45                   | b.d.l. | 0.11   | 7.76  | 27.94 | 8.15  | 3.19 | 0.82 | 53.01 | 0.14 | 101.10 | b.d.l. | 0.003  | 0.319 | 0.814 | 0.214 | 0.165 | 0.024 | 1.460 | 0.002  | 1.003 | 1.997 |
| 106Can46                   | b.d.l. | 0.08   | 7.90  | 28.06 | 8.79  | 3.26 | 0.93 | 53.13 | 0.08 | 102.23 | b.d.l. | 0.002  | 0.320 | 0.808 | 0.228 | 0.167 | 0.027 | 1.446 | 0.001  | 1.002 | 1.998 |
| 106Can47                   | b.d.l. | 0.08   | 8.00  | 28.01 | 8.49  | 3.26 | 0.95 | 53.11 | 0.16 | 102.05 | b.d.l. | 0.002  | 0.325 | 0.808 | 0.220 | 0.167 | 0.028 | 1.448 | 0.002  | 1.003 | 1.997 |
| 106Can48                   | b.d.l. | 0.19   | 8.10  | 28.17 | 8.01  | 3.23 | 0.91 | 53.17 | 0.14 | 101.91 | b.d.l. | 0.005  | 0.329 | 0.813 | 0.208 | 0.166 | 0.026 | 1.450 | 0.002  | 1.006 | 1.994 |
| 106Can49                   | b.d.l. | 0.06   | 4.41  | 28.47 | 6.66  | 2.65 | 0.89 | 58.86 | 0.10 | 102.11 | b.d.l. | 0.002  | 0.183 | 0.837 | 0.176 | 0.139 | 0.026 | 1.636 | 0.001  | 1.002 | 1.998 |
| 106Can50                   | b.d.l. | 0.02   | 4.29  | 28.14 | 6.75  | 2.67 | 0.98 | 58.73 | 0.11 | 101.70 | b.d.l. | 0.001  | 0.179 | 0.831 | 0.179 | 0.141 | 0.029 | 1.639 | 0.002  | 1.001 | 1.999 |
| 106Ean1                    | b.d.l. | 0.13   | 7.86  | 28.32 | 8.72  | 3.18 | 0.91 | 53.16 | 0.16 | 102.45 | b.d.l. | 0.003  | 0.319 | 0.815 | 0.226 | 0.163 | 0.026 | 1.446 | 0.002  | 1.004 | 1.996 |
| 106Ean2                    | b.d.l. | 0.20   | 6.67  | 28.48 | 8.67  | 2.83 | 0.98 | 53.85 | 0.21 | 101.88 | b.d.l. | 0.005  | 0.274 | 0.830 | 0.228 | 0.147 | 0.029 | 1.484 | 0.003  | 1.006 | 1.994 |
| 106Ean3                    | b.d.l. | 0.24   | 7.41  | 28.61 | 8.13  | 2.99 | 0.86 | 53.72 | 0.22 | 102.18 | b.d.l. | 0.006  | 0.302 | 0.828 | 0.212 | 0.154 | 0.025 | 1.469 | 0.003  | 1.007 | 1.993 |
| 106Ean4                    | b.d.l. | 0.14   | 7.51  | 28.24 | 8.53  | 3.21 | 0.76 | 53.46 | 0.16 | 102.01 | b.d.l. | 0.004  | 0.306 | 0.817 | 0.222 | 0.165 | 0.022 | 1.462 | 0.002  | 1.004 | 1.996 |
| 106Ean5                    | b.d.l. | 0.13   | 6.11  | 28.29 | 8.01  | 2.93 | 0.86 | 55.41 | 0.13 | 101.88 | b.d.l. | 0.003  | 0.251 | 0.826 | 0.210 | 0.152 | 0.026 | 1.529 | 0.002  | 1.004 | 1.996 |
| 106Ean6                    | b.d.l. | 0.23   | 8.02  | 28.13 | 7.98  | 3.17 | 0.83 | 52.73 | 0.10 | 101.19 | b.d.l. | 0.006  | 0.329 | 0.818 | 0.209 | 0.164 | 0.024 | 1.449 | 0.001  | 1.006 | 1.994 |
| 106Ean7                    | b.d.l. | 0.10   | 7.04  | 28.31 | 8.18  | 2.97 | 0.86 | 54.13 | 0.16 | 101.73 | b.d.l. | 0.003  | 0.289 | 0.824 | 0.214 | 0.154 | 0.025 | 1.489 | 0.002  | 1.003 | 1.997 |
| 106Ean8                    | b.d.l. | 0.11   | 7.12  | 28.01 | 7.78  | 3.05 | 0.89 | 54.17 | 0.09 | 101.22 | b.d.l. | 0.003  | 0.293 | 0.818 | 0.204 | 0.159 | 0.026 | 1.495 | 0.001  | 1.003 | 1.997 |
| 106Ean9                    | b.d.l. | 0.09   | 7.27  | 28.21 | 8.02  | 3.00 | 0.94 | 54.01 | 0.16 | 101.69 | b.d.l. | 0.002  | 0.298 | 0.820 | 0.210 | 0.155 | 0.028 | 1.484 | 0.002  | 1.003 | 1.997 |
| 106Ean10                   | b.d.l. | 0.13   | 6.97  | 28.31 | 6.41  | 2.78 | 0.84 | 55.10 | 0.11 | 100.64 | b.d.l. | 0.003  | 0.289 | 0.833 | 0.170 | 0.146 | 0.025 | 1.532 | 0.002  | 1.004 | 1.996 |
| 106Ean11                   | b.d.l. | 0.22   | 6.49  | 28.58 | 8.36  | 2.91 | 0.94 | 54.80 | 0.20 | 102.50 | b.d.l. | 0.006  | 0.265 | 0.829 | 0.218 | 0.150 | 0.028 | 1.502 | 0.003  | 1.007 | 1.993 |
| 106Ean12                   | b.d.l. | 0.22   | 7.19  | 28.21 | 8.37  | 3.06 | 0.99 | 53.74 | 0.10 | 101.87 | b.d.l. | 0.006  | 0.294 | 0.819 | 0.219 | 0.158 | 0.029 | 1.474 | 0.001  | 1.006 | 1.994 |
| 106Ean13                   | b.d.l. | 0.24   | 7.53  | 27.95 | 7.47  | 3.17 | 0.88 | 53.64 | 0.13 | 101.01 | b.d.l. | 0.006  | 0.310 | 0.816 | 0.196 | 0.165 | 0.026 | 1.479 | 0.002  | 1.007 | 1.993 |
| 106Ean14                   | b.d.l. | 0.08   | 6.95  | 27.90 | 7.99  | 3.04 | 0.89 | 54.00 | 0.15 | 101.00 | b.d.l. | 0.002  | 0.287 | 0.817 | 0.211 | 0.159 | 0.026 | 1.496 | 0.002  | 1.003 | 1.997 |
| 106Ean15                   | b.d.l. | 0.32   | 6.81  | 28.42 | 7.55  | 3.05 | 0.90 | 54.87 | 0.15 | 102.07 | b.d.l. | 0.008  | 0.279 | 0.825 | 0.197 | 0.158 | 0.027 | 1.505 | 0.002  | 1.009 | 1.991 |
| 106Ean16                   | b.d.l. | 0.46   | 7.17  | 28.51 | 7.38  | 3.09 | 0.89 | 54.27 | 0.15 | 101.92 | b.d.l. | 0.012  | 0.293 | 0.827 | 0.193 | 0.160 | 0.026 | 1.488 | 0.002  | 1.012 | 1.988 |
| 106Ean17                   | b.d.l. | 0.08   | 6.41  | 28.49 | 8.20  | 2.91 | 0.94 | 55.47 | 0.14 | 102.65 | b.d.l. | 0.002  | 0.262 | 0.825 | 0.214 | 0.150 | 0.027 | 1.518 | 0.002  | 1.003 | 1.997 |
| 106Ean18                   | b.d.l. | 0.13   | 5.56  | 28.48 | 7.20  | 2.74 | 0.90 | 56.88 | 0.03 | 101.91 | b.d.l. | 0.003  | 0.229 | 0.834 | 0.190 | 0.143 | 0.027 | 1.574 | b.d.l. | 1.003 | 1.997 |
| 106Ean19                   | b.d.l. | 0.09   | 7.00  | 28.18 | 6.84  | 2.94 | 0.96 | 55.35 | 0.12 | 101.49 | b.d.l. | 0.002  | 0.288 | 0.822 | 0.180 | 0.153 | 0.028 | 1.526 | 0.002  | 1.003 | 1.997 |
| 106Ean20                   | b.d.l. | 0.10   | 7.21  | 28.28 | 7.54  | 3.11 | 0.88 | 54.99 | 0.14 | 102.25 | b.d.l. | 0.003  | 0.294 | 0.817 | 0.196 | 0.160 | 0.026 | 1.502 | 0.002  | 1.003 | 1.997 |
| 106Ban1                    | b.d.l. | b.d.l. | 7.06  | 27.33 | 6.75  | 3.48 | 0.90 | 55.83 | 0.10 | 101.45 | b.d.l. | b.d.l. | 0.289 | 0.794 | 0.176 | 0.180 | 0.026 | 1.533 | 0.001  | 1.000 | 2.000 |
| 106Ban2                    | b.d.l. | 0.05   | 6.70  | 27.43 | 6.20  | 3.34 | 0.91 | 56.38 | 0.13 | 101.14 | b.d.l. | 0.001  | 0.276 | 0.801 | 0.163 | 0.174 | 0.027 | 1.556 | 0.002  | 1.002 | 1.998 |
| 106Ban3                    | b.d.l. | 0.10   | 6.91  | 27.24 | 6.54  | 3.53 | 0.96 | 56.02 | 0.10 | 101.40 | b.d.l. | 0.003  | 0.283 | 0.792 | 0.171 | 0.183 | 0.028 | 1.539 | 0.001  | 1.003 | 1.997 |
| 106Ban4                    | b.d.l. | 0.42   | 7.11  | 27.65 | 6.42  | 3.48 | 0.88 | 55.09 | 0.11 | 101.16 | b.d.l. | 0.011  | 0.292 | 0.805 | 0.168 | 0.181 | 0.026 | 1.516 | 0.002  | 1.012 | 1.988 |
| 106Ban5                    | b.d.l. | 0.07   | 6.44  | 27.46 | 6.71  | 3.36 | 0.93 | 56.36 | 0.12 | 101.44 | b.d.l. | 0.002  | 0.265 | 0.801 | 0.176 | 0.174 | 0.027 | 1.553 | 0.002  | 1.002 | 1.998 |

| Amostrat/<br>Análise (CED) | wt%    |      | at%   |       |       |      |      |       |      |        |        |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|----------------------------|--------|------|-------|-------|-------|------|------|-------|------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                            | SiO2   | TiO2 | Al2O3 | FeO   | Fe2O3 | MgO  | MnO  | Cr2O3 | V2O3 | Total  | Si     | Ti    | Al    | Fe2   | Fe3   | Mg    | Mn    | Cr    | V     | R2    | R3    |
| 106Ban6                    | b.d.l. | 0.05 | 5.98  | 27.51 | 7.26  | 3.41 | 0.83 | 56.73 | 0.12 | 101.89 | b.d.l. | 0.001 | 0.245 | 0.800 | 0.190 | 0.177 | 0.024 | 1.560 | 0.002 | 1.002 | 1.998 |
| 106Ban7                    | b.d.l. | 0.06 | 6.47  | 27.67 | 6.64  | 3.37 | 0.87 | 56.88 | 0.05 | 102.01 | b.d.l. | 0.002 | 0.264 | 0.802 | 0.173 | 0.174 | 0.026 | 1.558 | 0.001 | 1.002 | 1.998 |
| 106Ban8                    | b.d.l. | 0.12 | 7.86  | 26.80 | 6.51  | 3.87 | 0.85 | 54.65 | 0.10 | 100.77 | b.d.l. | 0.003 | 0.322 | 0.778 | 0.170 | 0.200 | 0.025 | 1.500 | 0.001 | 1.004 | 1.996 |
| 106Ban9                    | b.d.l. | 0.06 | 8.43  | 27.05 | 6.90  | 3.88 | 0.83 | 54.13 | 0.15 | 101.41 | b.d.l. | 0.001 | 0.342 | 0.779 | 0.179 | 0.199 | 0.024 | 1.473 | 0.002 | 1.002 | 1.998 |
| 106Ban10                   | b.d.l. | 0.05 | 8.11  | 27.69 | 7.27  | 3.74 | 0.81 | 55.13 | 0.11 | 102.91 | b.d.l. | 0.001 | 0.325 | 0.788 | 0.186 | 0.190 | 0.023 | 1.484 | 0.002 | 1.002 | 1.998 |
| 106Ban11                   | b.d.l. | 0.03 | 5.10  | 28.34 | 5.86  | 2.93 | 0.85 | 59.34 | 0.16 | 102.60 | b.d.l. | 0.001 | 0.209 | 0.825 | 0.153 | 0.152 | 0.025 | 1.633 | 0.002 | 1.001 | 1.999 |
| 106Ban12                   | b.d.l. | 0.07 | 5.03  | 27.86 | 6.21  | 3.11 | 0.95 | 58.93 | 0.10 | 102.26 | b.d.l. | 0.002 | 0.207 | 0.813 | 0.163 | 0.162 | 0.028 | 1.625 | 0.001 | 1.002 | 1.998 |
| 106Ban13                   | b.d.l. | 0.11 | 7.84  | 27.34 | 6.76  | 3.64 | 0.88 | 54.80 | 0.12 | 101.48 | b.d.l. | 0.003 | 0.319 | 0.790 | 0.176 | 0.187 | 0.026 | 1.497 | 0.002 | 1.003 | 1.997 |
| 106Ban14                   | b.d.l. | 0.04 | 7.34  | 27.19 | 7.14  | 3.69 | 0.92 | 55.32 | 0.17 | 101.80 | b.d.l. | 0.001 | 0.299 | 0.785 | 0.185 | 0.190 | 0.027 | 1.510 | 0.002 | 1.002 | 1.998 |
| 106Ban15                   | b.d.l. | 0.07 | 7.05  | 27.43 | 6.72  | 3.58 | 0.90 | 56.13 | 0.15 | 102.04 | b.d.l. | 0.002 | 0.287 | 0.792 | 0.175 | 0.184 | 0.026 | 1.532 | 0.002 | 1.002 | 1.998 |
| 106Ban16                   | b.d.l. | 0.09 | 5.30  | 27.77 | 6.43  | 3.11 | 0.94 | 58.02 | 0.14 | 101.79 | b.d.l. | 0.002 | 0.218 | 0.813 | 0.169 | 0.162 | 0.028 | 1.605 | 0.002 | 1.003 | 1.997 |
| 106Ban17                   | b.d.l. | 0.07 | 5.72  | 27.81 | 6.27  | 3.17 | 0.90 | 57.86 | 0.13 | 101.93 | b.d.l. | 0.002 | 0.235 | 0.811 | 0.164 | 0.165 | 0.027 | 1.595 | 0.002 | 1.002 | 1.998 |
| 106Ban18                   | b.d.l. | 0.07 | 8.02  | 27.45 | 7.17  | 3.62 | 0.88 | 54.52 | 0.11 | 101.84 | b.d.l. | 0.002 | 0.325 | 0.790 | 0.186 | 0.186 | 0.026 | 1.484 | 0.001 | 1.002 | 1.998 |
| 106Ban19                   | b.d.l. | 0.09 | 7.43  | 27.68 | 6.95  | 3.50 | 0.93 | 55.63 | 0.11 | 102.32 | b.d.l. | 0.002 | 0.301 | 0.796 | 0.180 | 0.179 | 0.027 | 1.513 | 0.002 | 1.003 | 1.997 |
| 106Ban20                   | b.d.l. | 0.09 | 7.05  | 27.33 | 6.77  | 3.44 | 0.82 | 55.15 | 0.10 | 100.75 | b.d.l. | 0.002 | 0.291 | 0.799 | 0.178 | 0.179 | 0.024 | 1.524 | 0.001 | 1.003 | 1.997 |
| BP7an1                     | b.d.l. | 0.22 | 8.56  | 25.40 | 5.05  | 5.33 | 0.64 | 56.65 | 0.15 | 102.01 | b.d.l. | 0.006 | 0.342 | 0.719 | 0.129 | 0.269 | 0.018 | 1.516 | 0.002 | 1.006 | 1.994 |
| BP7an2                     | b.d.l. | 0.21 | 8.25  | 24.84 | 4.71  | 5.44 | 0.59 | 56.66 | 0.09 | 100.78 | b.d.l. | 0.005 | 0.333 | 0.711 | 0.121 | 0.277 | 0.017 | 1.533 | 0.001 | 1.006 | 1.994 |
| BP7an3                     | b.d.l. | 0.15 | 8.13  | 25.13 | 4.00  | 5.03 | 0.57 | 56.72 | 0.12 | 99.83  | b.d.l. | 0.004 | 0.332 | 0.728 | 0.104 | 0.259 | 0.017 | 1.554 | 0.002 | 1.004 | 1.996 |
| BP7an4                     | b.d.l. | 0.07 | 8.50  | 24.93 | 5.01  | 5.31 | 0.56 | 56.08 | 0.16 | 100.63 | b.d.l. | 0.002 | 0.344 | 0.715 | 0.129 | 0.271 | 0.016 | 1.520 | 0.002 | 1.003 | 1.997 |
| BP7an5                     | b.d.l. | 0.92 | 8.63  | 25.83 | 3.69  | 5.21 | 0.64 | 55.58 | 0.18 | 100.67 | b.d.l. | 0.024 | 0.349 | 0.740 | 0.095 | 0.266 | 0.018 | 1.506 | 0.002 | 1.025 | 1.975 |
| BP7an6                     | b.d.l. | 0.17 | 8.71  | 24.96 | 3.83  | 5.41 | 0.53 | 56.84 | 0.21 | 100.66 | b.d.l. | 0.004 | 0.351 | 0.714 | 0.099 | 0.276 | 0.015 | 1.538 | 0.003 | 1.005 | 1.995 |
| BP7an7                     | b.d.l. | 0.24 | 8.17  | 25.01 | 3.28  | 5.25 | 0.54 | 57.53 | 0.10 | 100.12 | b.d.l. | 0.006 | 0.332 | 0.721 | 0.085 | 0.270 | 0.016 | 1.568 | 0.001 | 1.007 | 1.993 |
| BP7an8                     | b.d.l. | 0.08 | 8.13  | 25.09 | 4.11  | 5.29 | 0.53 | 57.74 | 0.11 | 101.07 | b.d.l. | 0.002 | 0.328 | 0.717 | 0.106 | 0.269 | 0.015 | 1.561 | 0.001 | 1.002 | 1.998 |
| BP7an9                     | b.d.l. | 0.08 | 8.67  | 24.90 | 4.58  | 5.31 | 0.58 | 56.16 | 0.19 | 100.47 | b.d.l. | 0.002 | 0.351 | 0.715 | 0.118 | 0.271 | 0.017 | 1.523 | 0.003 | 1.003 | 1.997 |
| BP7an10                    | b.d.l. | 0.21 | 8.42  | 25.27 | 5.11  | 5.26 | 0.62 | 56.25 | 0.15 | 101.30 | b.d.l. | 0.005 | 0.338 | 0.721 | 0.131 | 0.267 | 0.018 | 1.517 | 0.002 | 1.006 | 1.994 |
| BP7an11                    | b.d.l. | 0.07 | 8.69  | 25.50 | 4.76  | 5.14 | 0.58 | 56.65 | 0.17 | 101.55 | b.d.l. | 0.002 | 0.348 | 0.725 | 0.122 | 0.260 | 0.017 | 1.523 | 0.002 | 1.002 | 1.998 |
| BP7an12                    | b.d.l. | 0.12 | 8.19  | 25.33 | 4.89  | 5.19 | 0.59 | 56.90 | 0.23 | 101.43 | b.d.l. | 0.003 | 0.330 | 0.723 | 0.125 | 0.264 | 0.017 | 1.535 | 0.003 | 1.004 | 1.996 |
| BP7an13                    | b.d.l. | 0.19 | 7.95  | 25.24 | 5.02  | 5.18 | 0.57 | 56.64 | 0.19 | 100.97 | b.d.l. | 0.005 | 0.321 | 0.724 | 0.130 | 0.265 | 0.017 | 1.536 | 0.003 | 1.006 | 1.994 |
| BP7an14                    | b.d.l. | 0.04 | 7.76  | 25.46 | 4.60  | 4.98 | 0.61 | 57.74 | 0.13 | 101.31 | b.d.l. | 0.001 | 0.313 | 0.730 | 0.118 | 0.254 | 0.018 | 1.564 | 0.002 | 1.002 | 1.998 |
| BP7an15                    | b.d.l. | 0.05 | 9.16  | 25.08 | 5.33  | 5.45 | 0.59 | 55.80 | 0.17 | 101.63 | b.d.l. | 0.001 | 0.365 | 0.710 | 0.136 | 0.275 | 0.017 | 1.493 | 0.002 | 1.002 | 1.998 |
| BP7an16                    | b.d.l. | 0.10 | 6.03  | 25.48 | 4.50  | 4.79 | 0.64 | 59.57 | 0.12 | 101.23 | b.d.l. | 0.003 | 0.246 | 0.737 | 0.117 | 0.247 | 0.019 | 1.629 | 0.002 | 1.003 | 1.997 |
| BP7an17                    | b.d.l. | 0.87 | 7.68  | 25.77 | 3.57  | 4.99 | 0.62 | 56.38 | 0.14 | 100.02 | b.d.l. | 0.023 | 0.314 | 0.747 | 0.093 | 0.258 | 0.018 | 1.545 | 0.002 | 1.023 | 1.977 |
| BP7an18                    | b.d.l. | 0.11 | 9.19  | 25.01 | 4.52  | 5.44 | 0.56 | 56.10 | 0.12 | 101.05 | b.d.l. | 0.003 | 0.368 | 0.712 | 0.116 | 0.276 | 0.016 | 1.508 | 0.002 | 1.003 | 1.997 |
| BP7an19                    | b.d.l. | 0.03 | 6.29  | 25.37 | 4.05  | 4.88 | 0.61 | 59.92 | 0.11 | 101.27 | b.d.l. | 0.001 | 0.256 | 0.732 | 0.105 | 0.251 | 0.018 | 1.635 | 0.002 | 1.001 | 1.999 |
| BP7an20                    | b.d.l. | 0.06 | 6.36  | 25.08 | 4.11  | 4.77 | 0.58 | 58.58 | 0.12 | 99.66  | b.d.l. | 0.001 | 0.263 | 0.735 | 0.108 | 0.249 | 0.017 | 1.624 | 0.002 | 1.002 | 1.998 |

## Análises de Rutilo

| Amostr/<br>Análise (CED) | wt% |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | at% |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Total | V | Zr | Fe | Mn | W | Al | Ti | Cr | Nb | Mg | Total | V2O3 | ZrO2 | FeO | WO3 | MnO | Al2O3 | TiO2 | Cr2O3 | Nb2O5 | MgO |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|--------------------------|-----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|-----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|-------|---|----|----|----|---|----|----|----|----|----|-------|------|------|-----|-----|-----|-------|------|-------|-------|-----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
|                          |     |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |     |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |   |    |    |    |   |    |    |    |    |    |       |      |      |     |     |     |       |      |       |       |     |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

| Amostr./<br>Análise (CED) | wt%    |        |       |       |       |        |      |      |        |      | at%     |        |        |       |       |        |        |        |        |        |       |        |
|---------------------------|--------|--------|-------|-------|-------|--------|------|------|--------|------|---------|--------|--------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|
|                           | MgO    | Nb2O5  | Cr2O3 | TiO2  | Al2O3 | MnO    | WO3  | FeO  | ZrO2   | V2O3 | Total   | Mg     | Nb     | Cr    | Ti    | Al     | Mn     | W      | Fe     | Zr     | V     | Total  |
| 105Crtrchr14an1           | 0.02   | 0.06   | 4.02  | 95.05 | 0.04  | b.d.l. | 0.67 | 0.10 | b.d.l. | 0.71 | 100.67  | b.d.l. | b.d.l. | 0.04  | 0.96  | b.d.l. | b.d.l. | b.d.l. | b.d.l. | b.d.l. | 0.01  | 1.01   |
| 105Crtrchr14an2           | 0.02   | b.d.l. | 3.82  | 94.65 | 0.04  | b.d.l. | 0.54 | 0.09 | b.d.l. | 0.68 | 99.84   | 0.001  | b.d.l. | 0.04  | 0.96  | b.d.l. | b.d.l. | 0.002  | b.d.l. | b.d.l. | 0.01  | 1.01   |
| 105Crtrmtx15              | 0.02   | 0.04   | 3.60  | 95.28 | 0.05  | b.d.l. | 0.22 | 0.08 | b.d.l. | 0.68 | 99.97   | b.d.l. | b.d.l. | 0.04  | 0.96  | b.d.l. | b.d.l. | b.d.l. | b.d.l. | b.d.l. | 0.01  | 1.01   |
| 105Crtrchr17              | 0.01   | 0.05   | 3.34  | 95.42 | 0.04  | b.d.l. | 0.37 | 0.07 | b.d.l. | 0.79 | 100.08  | b.d.l. | b.d.l. | 0.04  | 0.96  | b.d.l. | b.d.l. | b.d.l. | b.d.l. | b.d.l. | 0.01  | 1.01   |
| 105Crtrmtx19an1           | 0.02   | 0.05   | 3.31  | 95.02 | 0.04  | b.d.l. | 0.45 | 0.08 | 0.01   | 0.76 | 99.73   | b.d.l. | b.d.l. | 0.04  | 0.96  | b.d.l. | b.d.l. | b.d.l. | b.d.l. | b.d.l. | 0.01  | 1.01   |
| 105Crtrmtx19an2           | 0.01   | 0.06   | 3.28  | 95.34 | 0.04  | b.d.l. | 0.24 | 0.08 | b.d.l. | 0.76 | 99.81   | b.d.l. | b.d.l. | 0.03  | 0.96  | b.d.l. | b.d.l. | b.d.l. | b.d.l. | b.d.l. | 0.01  | 1.01   |
| 105Crtrmtx21              | 0.02   | 0.05   | 3.96  | 94.44 | 0.04  | b.d.l. | 0.61 | 0.09 | b.d.l. | 0.72 | 99.93   | b.d.l. | b.d.l. | 0.04  | 0.96  | b.d.l. | b.d.l. | b.d.l. | b.d.l. | b.d.l. | 0.01  | 1.01   |
| 105Crtrmtx22              | 0.02   | 0.06   | 3.84  | 94.71 | 0.04  | b.d.l. | 0.31 | 0.07 | b.d.l. | 0.68 | 99.72   | b.d.l. | b.d.l. | 0.04  | 0.96  | b.d.l. | b.d.l. | b.d.l. | b.d.l. | b.d.l. | 0.01  | 1.01   |
| 105Crtrmtx23              | 0.03   | 0.06   | 3.90  | 94.61 | 0.05  | b.d.l. | 0.03 | 0.10 | b.d.l. | 0.71 | 99.48   | b.d.l. | b.d.l. | 0.04  | 0.96  | b.d.l. | b.d.l. | b.d.l. | b.d.l. | b.d.l. | 0.01  | 1.01   |
| 105Crtrmtx24              | 0.02   | 0.07   | 3.59  | 95.14 | 0.05  | b.d.l. | 0.06 | 0.08 | 0.01   | 0.69 | 99.72   | b.d.l. | b.d.l. | 0.04  | 0.96  | b.d.l. | b.d.l. | b.d.l. | b.d.l. | b.d.l. | 0.01  | 1.01   |
| 105Crtrmtx25              | 0.02   | 0.05   | 2.87  | 95.74 | 0.05  | b.d.l. | 0.21 | 0.09 | b.d.l. | 0.74 | 99.75   | b.d.l. | b.d.l. | 0.03  | 0.97  | b.d.l. | b.d.l. | 0.001  | b.d.l. | b.d.l. | 0.01  | 1.01   |
| 105Crtrmtx27an1           | 0.01   | 0.04   | 3.44  | 95.55 | 0.03  | b.d.l. | 0.40 | 0.04 | 0.02   | 0.71 | 100.22  | b.d.l. | b.d.l. | 0.04  | 0.96  | b.d.l. | b.d.l. | b.d.l. | b.d.l. | b.d.l. | 0.01  | 1.01   |
| 105Crtrmtx27an2           | b.d.l. | 0.06   | 3.45  | 95.15 | 0.04  | b.d.l. | 0.34 | 0.04 | b.d.l. | 0.70 | 99.77   | b.d.l. | b.d.l. | 0.04  | 0.96  | b.d.l. | b.d.l. | b.d.l. | b.d.l. | b.d.l. | 0.01  | 1.01   |
| 105Crtrmtx27an3           | 0.01   | 0.04   | 3.47  | 95.70 | 0.04  | b.d.l. | 0.40 | 0.04 | b.d.l. | 0.70 | 100.39  | b.d.l. | b.d.l. | 0.04  | 0.96  | b.d.l. | b.d.l. | b.d.l. | b.d.l. | b.d.l. | 0.01  | 1.01   |
| 105Crtrmtx28              | 0.02   | 0.03   | 3.51  | 95.04 | 0.05  | b.d.l. | 0.41 | 0.08 | b.d.l. | 0.69 | 99.82   | b.d.l. | b.d.l. | 0.04  | 0.96  | b.d.l. | b.d.l. | b.d.l. | b.d.l. | b.d.l. | 0.01  | 1.01   |
| 105Crtrchr30              | 0.02   | 0.05   | 5.73  | 92.96 | 0.04  | b.d.l. | 0.64 | 0.15 | 0.01   | 0.69 | 100.28  | b.d.l. | b.d.l. | 0.06  | 0.94  | b.d.l. | b.d.l. | b.d.l. | b.d.l. | b.d.l. | 0.01  | 1.02   |
| 105Crtrmtx33              | b.d.l. | 0.03   | 3.61  | 94.74 | 0.05  | b.d.l. | 0.60 | 0.05 | b.d.l. | 0.70 | 99.76   | b.d.l. | b.d.l. | 0.04  | 0.96  | b.d.l. | b.d.l. | b.d.l. | b.d.l. | b.d.l. | 0.01  | 1.01   |
| 105Crtrmtx34              | 0.01   | 0.02   | 3.55  | 94.60 | 0.04  | b.d.l. | 0.74 | 0.07 | 0.01   | 0.68 | 99.74   | b.d.l. | b.d.l. | 0.04  | 0.96  | b.d.l. | b.d.l. | b.d.l. | b.d.l. | b.d.l. | 0.01  | 1.01   |
| 105Crtrmtx35              | 0.02   | 0.03   | 3.21  | 94.91 | 0.04  | b.d.l. | 0.18 | 0.08 | 0.01   | 0.69 | 99.16   | b.d.l. | b.d.l. | 0.03  | 0.97  | b.d.l. | b.d.l. | b.d.l. | b.d.l. | b.d.l. | 0.01  | 1.01   |
| 105Crtrmtx36              | 0.01   | 0.06   | 3.41  | 94.97 | 0.04  | b.d.l. | 0.22 | 0.07 | b.d.l. | 0.68 | 99.46   | b.d.l. | b.d.l. | 0.04  | 0.96  | b.d.l. | b.d.l. | b.d.l. | b.d.l. | b.d.l. | 0.01  | 1.01   |
| 105Crtrmtx37              | 0.01   | 0.03   | 3.90  | 95.07 | 0.04  | b.d.l. | 0.24 | 0.05 | 0.01   | 0.72 | 100.06  | b.d.l. | b.d.l. | 0.04  | 0.96  | b.d.l. | b.d.l. | b.d.l. | b.d.l. | b.d.l. | 0.01  | 1.01   |
| 105Crtrchr39              | 0.01   | 0.05   | 3.64  | 94.97 | 0.04  | b.d.l. | 0.79 | 0.09 | b.d.l. | 0.69 | 100.29  | b.d.l. | b.d.l. | 0.04  | 0.96  | b.d.l. | b.d.l. | b.d.l. | b.d.l. | b.d.l. | 0.01  | 1.01   |
| 105Crtrmtx40              | 0.01   | 0.05   | 3.80  | 94.46 | 0.05  | b.d.l. | 0.31 | 0.08 | b.d.l. | 0.76 | 99.50   | b.d.l. | b.d.l. | 0.04  | 0.96  | b.d.l. | b.d.l. | b.d.l. | b.d.l. | b.d.l. | 0.01  | 1.01   |
| 105Crtrmtx41              | 0.02   | 0.06   | 3.62  | 94.19 | 0.05  | b.d.l. | 0.48 | 0.11 | b.d.l. | 0.68 | 99.20   | b.d.l. | b.d.l. | 0.04  | 0.96  | b.d.l. | b.d.l. | b.d.l. | b.d.l. | b.d.l. | 0.01  | 1.01   |
| 105Crtrmtx42              | 0.01   | 0.03   | 3.77  | 94.67 | 0.04  | b.d.l. | 0.82 | 0.11 | 0.01   | 0.68 | 100.14  | b.d.l. | b.d.l. | 0.04  | 0.96  | b.d.l. | b.d.l. | b.d.l. | b.d.l. | b.d.l. | 0.01  | 1.01   |
| 105Crtrmtx43an1           | 0.01   | 0.05   | 3.71  | 94.90 | 0.03  | b.d.l. | 0.86 | 0.08 | 0.01   | 0.71 | 100.36  | b.d.l. | b.d.l. | 0.04  | 0.96  | b.d.l. | b.d.l. | b.d.l. | b.d.l. | b.d.l. | 0.01  | 1.01   |
| 105Crtrmtx43an2           | 0.01   | 0.03   | 3.55  | 95.04 | 0.05  | b.d.l. | 0.52 | 0.07 | 0.02   | 0.70 | 99.98   | b.d.l. | b.d.l. | 0.04  | 0.96  | b.d.l. | b.d.l. | b.d.l. | b.d.l. | b.d.l. | 0.01  | 1.01   |
| 105Crtrmtx43an3           | 0.01   | 0.06   | 3.42  | 95.20 | 0.04  | b.d.l. | 0.24 | 0.08 | b.d.l. | 0.71 | 99.75   | b.d.l. | b.d.l. | 0.04  | 0.96  | b.d.l. | b.d.l. | b.d.l. | b.d.l. | b.d.l. | 0.01  | 1.01   |
| 105Crtrmtx44an1           | 0.01   | 0.05   | 3.72  | 94.64 | 0.04  | b.d.l. | 0.78 | 0.06 | b.d.l. | 0.70 | 99.99   | b.d.l. | b.d.l. | 0.04  | 0.96  | b.d.l. | b.d.l. | 0.003  | b.d.l. | b.d.l. | 0.01  | 1.01   |
| 105Crtrmtx44an2           | 0.01   | 0.05   | 3.74  | 94.32 | 0.05  | b.d.l. | 0.70 | 0.06 | 0.01   | 0.69 | 99.62   | b.d.l. | b.d.l. | 0.04  | 0.96  | b.d.l. | b.d.l. | b.d.l. | b.d.l. | b.d.l. | 0.01  | 1.01   |
| 105Crtrchr45              | 0.01   | 0.04   | 3.95  | 94.60 | 0.04  | b.d.l. | 0.74 | 0.15 | 0.01   | 0.69 | 100.22  | b.d.l. | b.d.l. | 0.04  | 0.96  | b.d.l. | b.d.l. | b.d.l. | b.d.l. | b.d.l. | 0.01  | 1.01   |
| 105Crtrchr46              | 0.01   | 0.05   | 4.89  | 93.59 | 0.04  | b.d.l. | 0.83 | 0.19 | b.d.l. | 0.66 | 100.26  | b.d.l. | b.d.l. | 0.05  | 0.95  | b.d.l. | b.d.l. | b.d.l. | b.d.l. | b.d.l. | 0.01  | 1.01   |
| 105Crtrmtx47              | 0.40   | 0.03   | 3.74  | 92.08 | 0.18  | b.d.l. | 0.56 | 0.41 | 0.01   | 0.75 | 98.14   | 0.01   | b.d.l. | 0.04  | 0.95  | b.d.l. | b.d.l. | b.d.l. | b.d.l. | b.d.l. | 0.01  | 1.02   |
| 105Crtrmtx48              | 0.15   | 0.05   | 3.18  | 94.62 | 0.10  | b.d.l. | 0.44 | 0.11 | 0.01   | 0.70 | 99.36   | b.d.l. | b.d.l. | 0.03  | 0.96  | b.d.l. | b.d.l. | b.d.l. | b.d.l. | b.d.l. | 0.01  | 1.01   |
| 105Crtrmtx49              | 0.05   | 0.07   | 4.50  | 93.65 | 0.06  | b.d.l. | 0.26 | 0.14 | b.d.l. | 0.74 | 99.47   | b.d.l. | b.d.l. | 0.05  | 0.95  | b.d.l. | b.d.l. | b.d.l. | b.d.l. | b.d.l. | 0.01  | 1.02   |
| 105Crtrmtx50              | 0.02   | 0.04   | 4.26  | 93.94 | 0.06  | b.d.l. | 0.57 | 0.23 | 0.01   | 0.69 | 99.81   | b.d.l. | b.d.l. | 0.05  | 0.95  | b.d.l. | b.d.l. | b.d.l. | b.d.l. | b.d.l. | 0.01  | 1.01   |
| 105Crtrmtx51              | 0.03   | 0.03   | 3.38  | 95.06 | 0.04  | b.d.l. | 0.31 | 0.08 | 0.01   | 0.68 | 99.63   | b.d.l. | b.d.l. | 0.04  | 0.96  | b.d.l. | b.d.l. | b.d.l. | b.d.l. | b.d.l. | 0.01  | 1.01   |
| 100an1                    | 0.01   | 0.08   | 2.09  | 96.38 | 0.03  | b.d.l. | 0.11 | 0.11 | 0.06   | 0.76 | 99.621  | b.d.l. | 0.001  | 0.022 | 0.975 | 0.001  | b.d.l. | b.d.l. | 0.001  | b.d.l. | 0.008 | 1.0082 |
| 100an2                    | 0.01   | 0.07   | 2.07  | 96.99 | 0.03  | b.d.l. | 0.07 | 0.18 | 0.03   | 0.72 | 100.169 | b.d.l. | b.d.l. | 0.022 | 0.975 | 0.001  | b.d.l. | b.d.l. | 0.002  | b.d.l. | 0.008 | 1.0084 |
| 100an3                    | b.d.l. | 0.08   | 2.13  | 97.07 | 0.02  | b.d.l. | 0.07 | 0.19 | b.d.l. | 0.75 | 100.303 | b.d.l. | 0.001  | 0.023 | 0.975 | b.d.l. | b.d.l. | b.d.l. | 0.002  | b.d.l. | 0.008 | 1.0086 |
| 100an4                    | b.d.l. | 0.15   | 2.16  | 96.34 | 0.03  | b.d.l. | 0.14 | 0.15 | 0.01   | 0.70 | 99.672  | b.d.l. | 0.001  | 0.023 | 0.974 | b.d.l. | b.d.l. | 0.001  | 0.002  | b.d.l. | 0.008 | 1.0082 |
| 100an5                    | b.d.l. | 0.06   | 2.06  | 96.62 | 0.03  | b.d.l. | 0.14 | 0.14 | 0.03   | 0.72 | 99.795  | b.d.l. | b.d.l. | 0.022 | 0.975 | b.d.l. | b.d.l. | 0.001  | 0.002  | b.d.l. | 0.008 | 1.0078 |
| 100an6                    | b.d.l. | 0.07   | 2.06  | 96.62 | 0.03  | b.d.l. | 0.37 | 0.11 | b.d.l. | 0.73 | 99.995  | b.d.l. | b.d.l. | 0.022 | 0.974 | 0.001  | b.d.l. | 0.001  | 0.001  | b.d.l. | 0.008 | 1.0075 |

| Amostr/<br>Análise (CED) | wt%    |        |        |         |        |        |        |       |        |       | at%     |        |        |        |        |        |        |        |        |        | V      | Total  |
|--------------------------|--------|--------|--------|---------|--------|--------|--------|-------|--------|-------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|                          | MgO    | Nb2O5  | Cr2O3  | TiO2    | Al2O3  | MnO    | WO3    | FeO   | ZrO2   | V2O3  | Total   | Mg     | Nb     | Cr     | Ti     | Al     | Mn     | W      | Fe     | Zr     |        |        |
| 100an7                   | 0.01   | 0.05   | 1.92   | 96.59   | 0.03   | b.d.l. | 0.07   | 0.12  | 0.03   | 0.74  | 99.564  | b.d.l. | b.d.l. | 0.020  | 0.977  | 0.001  | b.d.l. | b.d.l. | 0.001  | b.d.l. | 0.008  | 1.0078 |
| 100an8                   | 0.01   | 0.07   | 1.86   | 96.21   | 0.04   | b.d.l. | 0.16   | 0.14  | 0.05   | 0.70  | 99.236  | b.d.l. | b.d.l. | 0.020  | 0.976  | 0.001  | b.d.l. | 0.001  | 0.002  | b.d.l. | 0.008  | 1.0074 |
| 100an9                   | 0.01   | 0.06   | 2.11   | 96.42   | 0.03   | b.d.l. | 0.19   | 0.12  | b.d.l. | 0.69  | 99.621  | b.d.l. | b.d.l. | 0.022  | 0.975  | 0.001  | b.d.l. | 0.001  | 0.001  | b.d.l. | 0.007  | 1.0079 |
| 100an10                  | 0.01   | 0.06   | 2.07   | 96.11   | 0.03   | b.d.l. | 0.15   | 0.14  | b.d.l. | 0.68  | 99.245  | b.d.l. | b.d.l. | 0.022  | 0.976  | b.d.l. | b.d.l. | 0.001  | 0.002  | b.d.l. | 0.007  | 1.0080 |
| 100an11                  | b.d.l. | 0.12   | 1.98   | 96.67   | 0.03   | b.d.l. | 0.11   | 0.11  | 0.03   | 0.68  | 99.742  | b.d.l. | 0.001  | 0.021  | 0.976  | 0.001  | b.d.l. | b.d.l. | 0.001  | b.d.l. | 0.007  | 1.0074 |
| 100an12                  | 0.01   | 0.08   | 2.04   | 96.01   | 0.05   | b.d.l. | 0.50   | 0.15  | b.d.l. | 0.67  | 99.497  | b.d.l. | 0.001  | 0.022  | 0.974  | 0.001  | b.d.l. | 0.002  | 0.002  | b.d.l. | 0.007  | 1.0073 |
| 100an13                  | 0.02   | 0.11   | 2.02   | 96.91   | 0.04   | b.d.l. | 0.03   | 0.17  | b.d.l. | 0.70  | 99.998  | b.d.l. | 0.001  | 0.021  | 0.976  | 0.001  | b.d.l. | b.d.l. | 0.002  | b.d.l. | 0.008  | 1.0082 |
| 100an14                  | 0.01   | 0.06   | 1.71   | 96.62   | 0.03   | b.d.l. | 0.28   | 0.17  | 0.01   | 0.68  | 99.567  | b.d.l. | b.d.l. | 0.018  | 0.978  | 0.001  | b.d.l. | 0.001  | 0.002  | b.d.l. | 0.007  | 1.0072 |
| 100an15                  | b.d.l. | 0.05   | 1.99   | 96.25   | 0.03   | b.d.l. | 0.09   | 0.11  | 0.02   | 0.68  | 99.225  | b.d.l. | b.d.l. | 0.021  | 0.977  | 0.001  | b.d.l. | b.d.l. | 0.001  | b.d.l. | 0.007  | 1.0078 |
| 100an16                  | 0.01   | 0.09   | 1.97   | 96.18   | 0.04   | b.d.l. | b.d.l. | 0.13  | 0.04   | 0.72  | 99.162  | b.d.l. | 0.001  | 0.021  | 0.976  | 0.001  | b.d.l. | b.d.l. | 0.001  | b.d.l. | 0.008  | 1.0079 |
| 100an17                  | b.d.l. | 0.07   | 1.99   | 96.06   | 0.04   | b.d.l. | 0.12   | 0.12  | 0.02   | 0.70  | 99.122  | b.d.l. | b.d.l. | 0.021  | 0.976  | 0.001  | b.d.l. | b.d.l. | 0.001  | b.d.l. | 0.008  | 1.0077 |
| 100an18                  | b.d.l. | 0.07   | 1.98   | 96.03   | 0.04   | b.d.l. | 0.35   | 0.12  | b.d.l. | 0.73  | 99.310  | b.d.l. | b.d.l. | 0.021  | 0.975  | 0.001  | b.d.l. | 0.001  | 0.001  | b.d.l. | 0.008  | 1.0073 |
| 100an19                  | 0.01   | 0.11   | 2.06   | 96.94   | 0.04   | b.d.l. | 0.06   | 0.17  | 0.04   | 0.77  | 100.193 | b.d.l. | 0.001  | 0.022  | 0.975  | 0.001  | b.d.l. | b.d.l. | 0.002  | b.d.l. | 0.008  | 1.0083 |
| 100an20                  | 0.01   | 0.52   | 2.25   | 96.01   | 0.02   | b.d.l. | 0.14   | 0.08  | b.d.l. | 0.75  | 99.771  | b.d.l. | 0.003  | 0.024  | 0.971  | b.d.l. | b.d.l. | 0.001  | 0.001  | b.d.l. | 0.008  | 1.0076 |
| 100an21                  | b.d.l. | 0.43   | 2.23   | 95.85   | 0.02   | b.d.l. | 0.10   | 0.10  | b.d.l. | 0.75  | 99.487  | b.d.l. | 0.003  | 0.024  | 0.972  | b.d.l. | b.d.l. | b.d.l. | 0.001  | b.d.l. | 0.008  | 1.0079 |
| 100an22                  | 0.02   | 0.07   | 1.96   | 96.17   | 0.03   | b.d.l. | 0.19   | 0.14  | 0.03   | 0.68  | 99.287  | b.d.l. | b.d.l. | 0.021  | 0.976  | 0.001  | b.d.l. | 0.001  | 0.002  | b.d.l. | 0.007  | 1.0078 |
| 100an23                  | b.d.l. | 0.0470 | 1.9390 | 95.7330 | 0.0350 | b.d.l. | 0.425  | 0.157 | 0.065  | 0.707 | 99.108  | b.d.l. | 0.0003 | 0.0208 | 0.9743 | 0.0006 | b.d.l. | 0.0015 | 0.0018 | 0.0004 | 0.0077 | 1.0074 |
| 100an24                  | 0.01   | 0.04   | 1.99   | 96.59   | 0.03   | b.d.l. | 0.21   | 0.16  | 0.04   | 0.77  | 99.853  | b.d.l. | b.d.l. | 0.021  | 0.975  | 0.001  | b.d.l. | 0.001  | 0.002  | b.d.l. | 0.008  | 1.0079 |
| 100an25                  | b.d.l. | 0.08   | 2.17   | 96.16   | 0.03   | b.d.l. | 0.19   | 0.16  | 0.06   | 0.71  | 99.552  | b.d.l. | 0.001  | 0.023  | 0.974  | 0.001  | b.d.l. | 0.001  | 0.002  | b.d.l. | 0.008  | 1.0082 |
| 100an26                  | b.d.l. | 0.04   | 2.11   | 96.16   | 0.03   | b.d.l. | 0.12   | 0.20  | 0.04   | 0.69  | 99.394  | b.d.l. | b.d.l. | 0.023  | 0.975  | 0.001  | b.d.l. | b.d.l. | 0.002  | b.d.l. | 0.008  | 1.0087 |
| 100an27                  | b.d.l. | 0.07   | 2.18   | 96.69   | 0.03   | b.d.l. | 0.15   | 0.17  | 0.02   | 0.71  | 100.025 | b.d.l. | b.d.l. | 0.023  | 0.974  | 0.001  | b.d.l. | 0.001  | 0.002  | b.d.l. | 0.008  | 1.0084 |
| 100an28                  | b.d.l. | 0.04   | 2.24   | 95.67   | 0.03   | b.d.l. | 0.45   | 0.10  | 0.02   | 0.74  | 99.302  | b.d.l. | b.d.l. | 0.024  | 0.972  | 0.001  | b.d.l. | 0.002  | 0.001  | b.d.l. | 0.008  | 1.0079 |
| 100an29                  | b.d.l. | 0.06   | 2.24   | 95.66   | 0.03   | b.d.l. | 0.36   | 0.12  | 0.05   | 0.74  | 99.255  | b.d.l. | b.d.l. | 0.024  | 0.972  | 0.001  | b.d.l. | 0.001  | 0.001  | b.d.l. | 0.008  | 1.0081 |
| 100an30                  | b.d.l. | 0.07   | 2.20   | 96.56   | 0.03   | b.d.l. | 0.34   | 0.07  | 0.01   | 0.68  | 99.972  | b.d.l. | b.d.l. | 0.023  | 0.974  | 0.001  | b.d.l. | 0.001  | 0.001  | b.d.l. | 0.007  | 1.0074 |
| 100an31                  | b.d.l. | 0.06   | 2.18   | 95.83   | 0.03   | b.d.l. | 0.37   | 0.09  | 0.02   | 0.67  | 99.262  | b.d.l. | b.d.l. | 0.023  | 0.974  | 0.001  | b.d.l. | 0.001  | 0.001  | b.d.l. | 0.007  | 1.0077 |
| 100an32                  | b.d.l. | 0.05   | 2.10   | 96.56   | 0.03   | b.d.l. | 0.01   | 0.12  | 0.02   | 0.70  | 99.586  | b.d.l. | b.d.l. | 0.022  | 0.976  | 0.001  | b.d.l. | b.d.l. | 0.001  | b.d.l. | 0.008  | 1.0081 |
| 100an33                  | b.d.l. | 0.05   | 2.19   | 96.36   | 0.04   | b.d.l. | 0.22   | 0.11  | 0.01   | 0.69  | 99.650  | b.d.l. | b.d.l. | 0.023  | 0.974  | 0.001  | b.d.l. | 0.001  | 0.001  | b.d.l. | 0.007  | 1.0079 |
| 100an34                  | b.d.l. | 0.04   | 2.15   | 96.61   | 0.03   | b.d.l. | 0.15   | 0.13  | b.d.l. | 0.69  | 99.798  | b.d.l. | b.d.l. | 0.023  | 0.975  | 0.001  | b.d.l. | 0.001  | 0.001  | b.d.l. | 0.007  | 1.0082 |
| 100an35                  | b.d.l. | 0.06   | 2.19   | 95.82   | 0.03   | b.d.l. | 0.35   | 0.10  | b.d.l. | 0.68  | 99.228  | b.d.l. | b.d.l. | 0.023  | 0.974  | b.d.l. | 0.001  | 0.001  | 0.001  | b.d.l. | 0.007  | 1.0077 |
| 100an36                  | b.d.l. | 0.07   | 2.22   | 95.60   | 0.03   | b.d.l. | 0.42   | 0.10  | 0.01   | 0.68  | 99.140  | b.d.l. | b.d.l. | 0.024  | 0.973  | 0.001  | b.d.l. | 0.002  | 0.001  | b.d.l. | 0.007  | 1.0077 |
| 100an37                  | b.d.l. | 0.06   | 2.21   | 95.70   | 0.03   | b.d.l. | 0.38   | 0.10  | 0.07   | 0.69  | 99.233  | b.d.l. | b.d.l. | 0.024  | 0.973  | 0.001  | b.d.l. | 0.001  | 0.001  | 0.001  | 0.008  | 1.0077 |
| 100an38                  | b.d.l. | 0.06   | 2.22   | 96.21   | 0.03   | b.d.l. | 0.46   | 0.10  | b.d.l. | 0.69  | 99.765  | b.d.l. | b.d.l. | 0.024  | 0.973  | b.d.l. | b.d.l. | 0.002  | 0.001  | b.d.l. | 0.008  | 1.0077 |
| 100an39                  | b.d.l. | 0.06   | 2.28   | 95.99   | 0.03   | b.d.l. | 0.39   | 0.15  | 0.04   | 0.69  | 99.627  | b.d.l. | b.d.l. | 0.024  | 0.972  | 0.001  | b.d.l. | 0.001  | 0.002  | b.d.l. | 0.008  | 1.0081 |
| 100an40                  | b.d.l. | 0.07   | 2.25   | 96.40   | 0.04   | b.d.l. | 0.32   | 0.15  | 0.03   | 0.69  | 99.943  | b.d.l. | b.d.l. | 0.024  | 0.973  | 0.001  | b.d.l. | 0.001  | 0.002  | b.d.l. | 0.008  | 1.0082 |
| 100an41                  | b.d.l. | 0.07   | 2.32   | 95.81   | 0.03   | b.d.l. | 0.41   | 0.21  | 0.05   | 0.68  | 99.585  | b.d.l. | b.d.l. | 0.025  | 0.971  | b.d.l. | b.d.l. | 0.001  | 0.002  | b.d.l. | 0.007  | 1.0085 |
| 100an42                  | b.d.l. | 0.07   | 2.23   | 96.19   | 0.04   | b.d.l. | 0.38   | 0.15  | 0.03   | 0.70  | 99.787  | b.d.l. | b.d.l. | 0.024  | 0.973  | 0.001  | b.d.l. | 0.001  | 0.002  | b.d.l. | 0.008  | 1.0079 |
| 100an43                  | b.d.l. | 0.07   | 2.27   | 96.13   | 0.04   | b.d.l. | 0.41   | 0.17  | b.d.l. | 0.70  | 99.777  | b.d.l. | b.d.l. | 0.024  | 0.972  | 0.001  | b.d.l. | 0.001  | 0.002  | b.d.l. | 0.008  | 1.0082 |
| 100an44                  | b.d.l. | 0.05   | 2.27   | 96.17   | 0.03   | b.d.l. | 0.26   | 0.15  | b.d.l. | 0.70  | 99.624  | b.d.l. | b.d.l. | 0.024  | 0.973  | 0.001  | b.d.l. | 0.001  | 0.002  | b.d.l. | 0.008  | 1.0084 |
| 100an45                  | b.d.l. | 0.05   | 2.21   | 95.86   | 0.03   | b.d.l. | 0.32   | 0.12  | 0.01   | 0.67  | 99.268  | b.d.l. | b.d.l. | 0.024  | 0.974  | 0.001  | b.d.l. | 0.001  | 0.001  | b.d.l. | 0.007  | 1.0078 |
| 100an46                  | b.d.l. | 0.11   | 2.13   | 96.36   | 0.03   | b.d.l. | 0.11   | 0.11  | 0.01   | 0.68  | 99.531  | b.d.l. | 0.001  | 0.023  | 0.975  | 0.001  | b.d.l. | b.d.l. | 0.001  | b.d.l. | 0.007  | 1.0079 |
| 100an47                  | b.d.l. | 0.11   | 2.07   | 96.23   | 0.03   | b.d.l. | 0.44   | 0.14  | b.d.l. | 0.76  | 99.783  | b.d.l. | 0.001  | 0.022  | 0.973  | 0.001  | b.d.l. | 0.002  | 0.002  | b.d.l. | 0.008  | 1.0074 |
| 100an48                  | 0.0080 | 0.1120 | 1.9350 | 96.0070 | 0.0330 | b.d.l. | b.d.l. | 0.089 | b.d.l. | 0.759 | 98.943  | 0.0002 | 0.0007 | 0.0207 | 0.9765 | 0.0005 | b.d.l. | b.d.l. | 0.001  | b.d.l. | 0.0082 | 1.0078 |
| 100an49                  | b.d.l. | 0.10   | 1.93   | 95.91   | 0.04   | b.d.l. | b.d.l. | 0.10  | b.d.l. | 0.74  | 98.828  | b.d.l. | 0.001  | 0.021  | 0.977  | 0.001  | b.d.l. | b.d.l. | 0.001  | b.d.l. | 0.008  | 1.0077 |

| Amostrat/<br>Análise (CED) | wt%    |       |       |       |       |        |      |      |        |      | at%    |        |        |       |       |        |        |        |       |        |       |        |
|----------------------------|--------|-------|-------|-------|-------|--------|------|------|--------|------|--------|--------|--------|-------|-------|--------|--------|--------|-------|--------|-------|--------|
|                            | MgO    | Nb2O5 | Cr2O3 | TiO2  | Al2O3 | MnO    | WO3  | FeO  | ZrO2   | V2O3 | Total  | Mg     | Nb     | Cr    | Ti    | Al     | Mn     | W      | Fe    | Zr     | V     | Total  |
| 100an50                    | b.d.l. | 0.07  | 1.96  | 96.37 | 0.03  | b.d.l. | 0.03 | 0.08 | b.d.l. | 0.73 | 99.265 | b.d.l. | b.d.l. | 0.021 | 0.977 | 0.001  | b.d.l. | b.d.l. | 0.001 | b.d.l. | 0.008 | 1.0077 |
| 100an51                    | 0.01   | 0.09  | 1.94  | 95.87 | 0.04  | b.d.l. | 0.09 | 0.10 | 0.01   | 0.73 | 98.874 | b.d.l. | 0.001  | 0.021 | 0.976 | 0.001  | b.d.l. | b.d.l. | 0.001 | b.d.l. | 0.008 | 1.0077 |
| 100an52                    | b.d.l. | 0.09  | 1.87  | 95.90 | 0.04  | b.d.l. | 0.07 | 0.12 | 0.02   | 0.70 | 98.791 | b.d.l. | 0.001  | 0.020 | 0.977 | 0.001  | b.d.l. | b.d.l. | 0.001 | b.d.l. | 0.008 | 1.0076 |
| 100an53                    | 0.01   | 0.05  | 1.88  | 95.98 | 0.03  | b.d.l. | 0.07 | 0.11 | 0.02   | 0.70 | 98.853 | b.d.l. | b.d.l. | 0.020 | 0.977 | 0.001  | b.d.l. | b.d.l. | 0.001 | b.d.l. | 0.008 | 1.0075 |
| 100an54                    | b.d.l. | 0.07  | 1.87  | 95.69 | 0.03  | b.d.l. | 0.08 | 0.10 | 0.01   | 0.70 | 98.549 | b.d.l. | b.d.l. | 0.020 | 0.977 | 0.001  | b.d.l. | b.d.l. | 0.001 | b.d.l. | 0.008 | 1.0074 |
| 100an55                    | b.d.l. | 0.26  | 2.21  | 95.53 | 0.04  | b.d.l. | 0.11 | 0.13 | 0.01   | 0.69 | 98.964 | b.d.l. | 0.002  | 0.024 | 0.973 | 0.001  | b.d.l. | b.d.l. | 0.001 | b.d.l. | 0.008 | 1.0081 |
| 100an56                    | b.d.l. | 0.06  | 2.12  | 95.52 | 0.04  | b.d.l. | 0.28 | 0.10 | b.d.l. | 0.70 | 98.815 | b.d.l. | b.d.l. | 0.023 | 0.974 | 0.001  | b.d.l. | 0.001  | 0.001 | b.d.l. | 0.008 | 1.0078 |
| 100an57                    | b.d.l. | 0.06  | 2.10  | 95.65 | 0.03  | b.d.l. | 0.39 | 0.12 | b.d.l. | 0.71 | 99.058 | b.d.l. | b.d.l. | 0.023 | 0.974 | 0.001  | b.d.l. | 0.001  | 0.001 | b.d.l. | 0.008 | 1.0076 |
| 100an58                    | b.d.l. | 0.06  | 2.17  | 95.43 | 0.03  | b.d.l. | 0.28 | 0.13 | 0.04   | 0.70 | 98.840 | b.d.l. | b.d.l. | 0.023 | 0.974 | 0.001  | b.d.l. | 0.001  | 0.002 | b.d.l. | 0.008 | 1.0080 |
| 100an59                    | b.d.l. | 0.06  | 2.08  | 95.82 | 0.03  | b.d.l. | 0.43 | 0.13 | 0.03   | 0.68 | 99.256 | b.d.l. | b.d.l. | 0.022 | 0.974 | 0.001  | b.d.l. | 0.002  | 0.002 | b.d.l. | 0.007 | 1.0076 |
| 100an60                    | b.d.l. | 0.06  | 2.19  | 96.45 | 0.04  | b.d.l. | 0.32 | 0.16 | 0.06   | 0.68 | 99.947 | b.d.l. | b.d.l. | 0.023 | 0.973 | 0.001  | b.d.l. | 0.001  | 0.002 | b.d.l. | 0.007 | 1.0081 |
| 100an61                    | b.d.l. | 0.05  | 1.99  | 96.33 | 0.04  | b.d.l. | 0.10 | 0.16 | 0.02   | 0.69 | 99.364 | b.d.l. | b.d.l. | 0.021 | 0.976 | 0.001  | b.d.l. | b.d.l. | 0.002 | b.d.l. | 0.008 | 1.0081 |
| 100an62                    | b.d.l. | 0.08  | 2.12  | 96.42 | 0.04  | b.d.l. | 0.38 | 0.10 | 0.01   | 0.72 | 99.879 | b.d.l. | 0.001  | 0.023 | 0.974 | 0.001  | b.d.l. | 0.001  | 0.001 | b.d.l. | 0.008 | 1.0076 |
| 100an63                    | b.d.l. | 0.05  | 1.81  | 95.64 | 0.04  | b.d.l. | 0.27 | 0.09 | 0.01   | 0.75 | 98.653 | b.d.l. | b.d.l. | 0.019 | 0.977 | 0.001  | b.d.l. | 0.001  | 0.001 | b.d.l. | 0.008 | 1.0070 |
| 100an64                    | 0.01   | 0.06  | 2.04  | 95.73 | 0.02  | b.d.l. | 0.24 | 0.08 | 0.06   | 0.72 | 98.974 | b.d.l. | b.d.l. | 0.022 | 0.975 | b.d.l. | b.d.l. | 0.001  | 0.001 | b.d.l. | 0.008 | 1.0077 |
| 100an65                    | 0.02   | 0.08  | 1.99  | 96.64 | 0.04  | b.d.l. | 0.01 | 0.11 | 0.03   | 0.69 | 99.595 | b.d.l. | 0.001  | 0.021 | 0.977 | 0.001  | b.d.l. | b.d.l. | 0.001 | b.d.l. | 0.007 | 1.0079 |
| 100an66                    | b.d.l. | 0.05  | 2.13  | 95.63 | 0.03  | b.d.l. | 0.47 | 0.11 | b.d.l. | 0.73 | 99.155 | b.d.l. | b.d.l. | 0.023 | 0.973 | 0.001  | b.d.l. | 0.002  | 0.001 | b.d.l. | 0.008 | 1.0074 |
| 100an67                    | 0.01   | 0.04  | 2.02  | 95.78 | 0.04  | b.d.l. | 0.11 | 0.16 | 0.01   | 0.69 | 98.852 | b.d.l. | b.d.l. | 0.022 | 0.976 | 0.001  | b.d.l. | b.d.l. | 0.002 | b.d.l. | 0.008 | 1.0081 |
| 100an68                    | 0.04   | 0.06  | 1.93  | 95.91 | 0.04  | b.d.l. | 0.11 | 0.13 | 0.05   | 0.69 | 98.960 | 0.001  | b.d.l. | 0.021 | 0.976 | 0.001  | b.d.l. | b.d.l. | 0.002 | b.d.l. | 0.007 | 1.0081 |
| 100an69                    | b.d.l. | 0.06  | 2.35  | 95.92 | 0.04  | b.d.l. | 0.13 | 0.13 | 0.01   | 0.68 | 99.329 | b.d.l. | b.d.l. | 0.025 | 0.973 | 0.001  | b.d.l. | 0.001  | 0.002 | b.d.l. | 0.007 | 1.0091 |
| 100an70                    | 0.01   | 0.07  | 2.01  | 97.01 | 0.03  | b.d.l. | 0.05 | 0.11 | b.d.l. | 0.68 | 99.952 | b.d.l. | b.d.l. | 0.021 | 0.977 | 0.001  | b.d.l. | b.d.l. | 0.001 | b.d.l. | 0.007 | 1.0078 |

## Análises de Silicatos

| Amostra/<br>Análise (CED) | wt%   |       |       |        |       |        |        |       |      |        |       |        |
|---------------------------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|--------|-------|------|--------|-------|--------|
|                           | Al2O3 | MgO   | SiO2  | CaO    | FeO   | Na2O   | K2O    | TiO2  | NiO  | MnO    | Cr2O3 | Total  |
| CED105Csil1               | 16.25 | 25.71 | 25.6  | 0.024  | 1.445 | b.d.l. | 0.009  | 0.024 | 0.34 | 0.021  | 3.037 | 72.453 |
| CED105Csil2               | 17.06 | 31.21 | 29.52 | b.d.l. | 2.262 | 0.016  | b.d.l. | 0.019 | 0.31 | 0.104  | 3.299 | 83.796 |
| CED105Csil3               | 18.55 | 27.92 | 28.19 | 0.015  | 1.702 | 0.041  | 0.024  | 0.03  | 0.36 | 0.001  | 3.478 | 80.318 |
| CED105Csil4               | 18.87 | 30.22 | 28.62 | 0.01   | 2.296 | 0.068  | 0.04   | 0.035 | 0.38 | 0.051  | 3.404 | 83.99  |
| CED105Csil5               | 16.43 | 30.1  | 29.93 | 0.018  | 1.837 | 0.048  | 0.049  | 0.041 | 0.31 | b.d.l. | 3.871 | 82.631 |
| CED105Csil6               | 0.242 | 28.11 | 61.01 | 0.026  | 0.984 | 0.006  | 0.021  | 0.016 | 0.35 | 0.013  | 0.176 | 90.96  |
| CED105Csil7               | 18.03 | 29.4  | 29.25 | 0.011  | 2.54  | 0.08   | 0.034  | 0.028 | 0.28 | 0.039  | 3.959 | 83.652 |
| CED105Csil8               | 15.98 | 30.9  | 30.02 | 0.038  | 2.171 | 0.04   | 0.04   | 0.022 | 0.34 | 0.02   | 3.949 | 83.517 |
| CED105Csil9               | 16.29 | 31.87 | 30.26 | 0.002  | 2.108 | 0.028  | 0.033  | 0.023 | 0.32 | 0.036  | 3.617 | 84.588 |
| CED105Csil10              | 18.26 | 29.95 | 28.6  | 0.009  | 1.794 | 0.003  | 0.026  | 0.015 | 0.32 | 0.068  | 4.329 | 83.37  |
| CED105Csilinlus1          | 16.37 | 26.61 | 28.75 | 0.317  | 1.812 | 0.124  | 0.133  | 0.031 | 0.3  | 0.04   | 4.174 | 78.65  |
| CED105Csilinlus2          | 17.35 | 29.51 | 29.81 | 0.019  | 1.807 | 0.083  | 0.04   | 0.016 | 0.31 | 0.008  | 4.434 | 83.375 |
| CED105Csilinlus3          | 16.58 | 30.73 | 31.8  | 0.045  | 1.615 | 0.008  | 0.028  | 0.02  | 0.3  | 0.007  | 3.831 | 84.953 |
| CED105Csilinlus4          | 17.66 | 30.22 | 30.67 | 0.013  | 1.76  | 0.051  | 0.065  | 0.041 | 0.3  | 0.004  | 4.048 | 84.83  |
| CED105Csilinlus5          | 16.89 | 30.6  | 29.63 | 0.042  | 1.565 | 0.04   | 0.02   | 0.03  | 0.3  | 0.024  | 4.083 | 83.217 |
| CED105Csilinlus6          | 16.71 | 31.49 | 30.54 | 0.008  | 1.534 | 0.008  | 0.013  | 0.014 | 0.31 | 0.05   | 3.882 | 84.565 |
| CED105Csilinlus7          | 16.25 | 28.72 | 28.4  | 0.054  | 1.542 | 0.028  | b.d.l. | 0.019 | 0.35 | 0.068  | 4.014 | 79.448 |
| CED105Csilinlus8          | 18.87 | 30.02 | 28.65 | 0.057  | 1.922 | 0.029  | 0.016  | 0.044 | 0.37 | 0.084  | 3.195 | 83.258 |
| CED105Csilinlus9          | 17.63 | 31.17 | 31.04 | 0.02   | 1.625 | b.d.l. | 0.028  | 0.041 | 0.38 | 0.045  | 3.877 | 85.863 |
| CED105Csilinlus10         | 15.15 | 29.52 | 27.56 | 0.038  | 1.467 | 0.029  | 0.008  | 0.015 | 0.21 | b.d.l. | 3.311 | 77.299 |
| CED106Dsil1               | 17.6  | 27.99 | 31.7  | 0.123  | 4.097 | 0.044  | 0.163  | 0.053 | 0.22 | 0.112  | 2.132 | 84.229 |
| CED106Dsil2               | 0.268 | 27.64 | 61.4  | 0.05   | 1.959 | 0.043  | b.d.l. | 0.027 | 0.26 | b.d.l. | 0.194 | 91.842 |
| CED106Dsil3               | 20.68 | 23.89 | 33.26 | 0.072  | 3.02  | 0.02   | 0.127  | 0.041 | 0.22 | 0.07   | 1.972 | 83.375 |
| CED106Dsil4               | 1.503 | 26.79 | 57.15 | 0.106  | 2.1   | 0.042  | 0.019  | 0.006 | 0.22 | 0.01   | 0.547 | 88.491 |
| CED106Dsil5               | 0.237 | 28.5  | 62.23 | 0.057  | 2.117 | 0.015  | 0.014  | 0.014 | 0.3  | b.d.l. | 0.174 | 93.653 |
| CED106Dsil6               | 17.92 | 29.25 | 32.1  | 0.137  | 3.941 | 0.033  | 0.19   | 0.066 | 0.22 | 0.005  | 1.992 | 85.853 |
| CED106Dsil7               | 19.22 | 28.19 | 32.06 | 0.015  | 3.509 | 0.01   | 0.091  | 0.035 | 0.25 | 0.006  | 2.187 | 85.573 |
| CED106Dsil8               | 20.3  | 27.43 | 29.86 | 0.071  | 4.021 | 0.007  | 0.015  | 0.011 | 0.22 | 0.062  | 2.471 | 84.478 |
| CED106Dsil9               | 0.241 | 28.05 | 62.28 | 0.052  | 2.3   | 0.036  | b.d.l. | 0.014 | 0.21 | 0.016  | 0.179 | 93.377 |
| CED106Dsil10              | 17.35 | 29.79 | 31.15 | 0.05   | 3.78  | 0.03   | 0.175  | 0.065 | 0.08 | b.d.l. | 2.097 | 84.56  |
| CED106Dsilincl1           | 19.22 | 30.07 | 30.76 | b.d.l. | 3.909 | 0.019  | 0.106  | 0.032 | 0.19 | 0.118  | 3.02  | 87.44  |
| CED106Dsilincl2           | 17.83 | 31.13 | 29.92 | 0.044  | 4.029 | 0.073  | 0.035  | 0.042 | 0.13 | 0.086  | 2.915 | 86.238 |
| CED106Dsilincl3           | 4.441 | 27.39 | 55.28 | 0.169  | 2.38  | 0.494  | 0.192  | 0.145 | 0.24 | 0.075  | 1.373 | 92.18  |
| CED106Dsilincl4           | 17.31 | 28.09 | 30.56 | 0.212  | 3.427 | 0.125  | 0.04   | 0.039 | 0.21 | 0.038  | 2.682 | 82.723 |
| CED106Dsilincl5           | 8.892 | 18.06 | 50.39 | 12.35  | 4.434 | 2.594  | 0.077  | 0.226 | 0.03 | 0.174  | 1.922 | 99.144 |
| CED106Dsilincl6           | 6.325 | 18.26 | 52.78 | 12.62  | 4.28  | 1.837  | 0.063  | 0.173 | 0.12 | 0.233  | 2.397 | 99.087 |
| CED106Dsilincl7           | 6.664 | 19.38 | 52.99 | 12.4   | 4.3   | 2.117  | 0.072  | 0.161 | 0.01 | 0.158  | 1.908 | 100.17 |
| CED106Dsilincl8           | 7.141 | 18.95 | 51.95 | 12.76  | 4.128 | 1.867  | 0.087  | 0.153 | 0.17 | 0.176  | 2.434 | 99.82  |
| CED106Dsilincl9           | 6.893 | 19.21 | 50.08 | 12.52  | 4.199 | 1.922  | 0.064  | 0.176 | 0.14 | 0.159  | 2.012 | 97.369 |
| CED106Dsilincl10          | 6.176 | 20.01 | 51.44 | 12.8   | 4.029 | 1.918  | 0.071  | 0.137 | 0.08 | 0.144  | 1.829 | 98.637 |
| CED106Dsilincl11          | 1.126 | 0.081 | 29.06 | 29.56  | 1.244 | 0.004  | b.d.l. | 23.88 | 0.03 | 0.098  | 1.052 | 86.13  |
| CED-106A1silincl1         | 10.38 | 15.3  | 47.05 | 10.95  | 8.548 | 2.519  | 0.085  | 0.311 | 0.06 | 0.103  | 1.989 | 97.29  |
| CED-106A1silincl1b        | 16.39 | 22.85 | 34.5  | 0.225  | 6.363 | 0.528  | 5.134  | 0.695 | 0.13 | 0.041  | 2.041 | 88.896 |
| CED-106A1silincl1b        | 16.7  | 21.26 | 38.92 | 0.004  | 6.089 | 0.881  | 5.888  | 0.815 | 0.26 | 0.077  | 2.125 | 93.019 |
| CED-106A1silincl1b        | 19.69 | 28.71 | 29.63 | 0.041  | 6.971 | b.d.l. | 0.056  | 0.046 | 0.18 | 0.03   | 1.901 | 87.255 |
| CED-106A1silincl2         | 15.9  | 20.28 | 38.83 | 0.08   | 7.249 | 0.703  | 6.06   | 0.835 | 0.15 | 0.032  | 1.802 | 91.916 |
| CED-106A1silincl3         | 12.58 | 15.85 | 25.79 | 0.033  | 19.03 | 0.792  | 6.09   | 0.852 | 0.1  | 0.032  | 1.81  | 82.953 |
| CED-106A1silincl4         | 16.28 | 20.89 | 39.39 | 0.007  | 6.294 | 0.82   | 6.102  | 0.872 | 0.15 | 0.063  | 2.329 | 93.197 |
| CED-106A1silincl5         | 8.452 | 16.57 | 48.29 | 10.94  | 8.138 | 2.378  | 0.101  | 0.646 | 0.11 | 0.138  | 1.916 | 97.686 |
| CED-106A1silincl6         | 8.136 | 17.06 | 47.64 | 11.22  | 7.756 | 2.328  | 0.05   | 0.496 | 0.09 | 0.162  | 1.962 | 96.893 |