



**UFOP**

Universidade Federal  
de Ouro Preto

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO  
ESCOLA DE MINAS  
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA**



**ESCOLA DE MINAS**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**PETROGRAFIA E QUÍMICA MINREAL DO KIMBERLITO DE  
PARÁ DE MINAS - MG**

Mateus Lacerda de Carvalho

**MONOGRAFIA nº 516**

Ouro Preto, setembro de 2024



**PETROGRAFIA E QUÍMICA MINERAL DO KIMBERLITO  
DE PARÁ DE MINAS - MG**

---





## **UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO**

*Reitora*

Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup> Cláudia Aparecida Marlière de Lima

*Vice-Reitor*

Prof. Dr. Hermínio Arias Nalini Júnior

### **ESCOLA DE MINAS**

*Diretor*

Prof. Dr. José Alberto Naves Cocota Junior

*Vice-Diretor*

Prof. Dr. Cláudio Eduardo Lana

### **DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA**

*Chefe do Departamento*

Prof. Dr. Geraldo Magela Santos Sampaio



MONOGRAFIA

Nº 516

PETROGRAFIA E QUÍMICA MINERAL DO KIMBERLITO DE PARÁ DE MINAS -  
MG

Mateus Lacerda de Carvalho

*Orientadora*

Dra. Cláudia dos Santos

Monografia do Trabalho de Conclusão de curso apresentado ao Departamento de Geologia da Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito para avaliação da disciplina Trabalho de Conclusão de Curso – TCC 402, ano 2024/2

OURO PRETO

2024

---

Universidade Federal de Ouro Preto – <http://www.ufop.br>

SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

C331p Carvalho, Mateus Lacerda de.  
Petrografia e química mineral do kimberlito de Pará de Minas - MG.  
[manuscrito] / Mateus Lacerda de Carvalho. - 2024.  
55 f.

Orientadora: Profa. Dra. Cláudia dos Santos.  
Monografia (Bacharelado). Universidade Federal de Ouro Preto. Escola  
de Minas. Graduação em Engenharia Geológica .

1. Petrologia. 2. Petrografia. 3. Kimberlito. I. Santos, Cláudia dos. II.  
Universidade Federal de Ouro Preto. III. Título.

CDU 552.323.6

Bibliotecário(a) Responsável: Sione Galvão Rodrigues - CRB6 / 2526



## FOLHA DE APROVAÇÃO

**Mateus Lacerda de Carvalho**

### **Petrografia e química mineral do kimberlito de Pará de Minas - MG**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Geológica da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Geólogo

Aprovada em 04 de dezembro de 2024

#### Membros da banca

[Doutora] - Cláudia dos Santos - Orientadora (Universidade Federal de Ouro Preto)

[Doutor] - Rodson de Abreu Marques - (Universidade Federal de Ouro Preto)

[Doutor] - Marco Paulo de Castro - (Universidade Federal de Ouro Preto)

[Cláudia dos Santos], orientadora do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 04/12/2024



Documento assinado eletronicamente por **Cláudia dos Santos, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 04/12/2024, às 13:00, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [http://sei.ufop.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **0821659** e o código CRC **25A9AF31**.

## Agradecimentos

---

Esse estudo marca o fim de uma jornada onerosa e gratificante. Por todo o apoio e auxílio durante os anos de minha graduação, agradeço a meus pais e minha família, por terem sido meu porto seguro quando tudo ia de mal a pior, e meu motor quando estava melhorando. Também agradeço imensamente à minha companheira de vida, Carolina Tavares Duarte Godoi, por ter sido minha rocha durante esse tempo, não teria conseguido sem você. Agradeço também à minha orientadora, Cláudia dos Santos, por ter acreditado no meu projeto e ter prestado todo o auxílio que necessitava. Por fim, agradeço aos laboratórios do Departamento de Geologia (DEGEO) Laboratório de Laminação (LAMIN) pela confecção das lâminas aqui utilizadas e ao Laboratório de Microscopia e Microanálises (LAMIC) pelas análises químicas e microscopia.

# SUMÁRIO

---

|   |    |
|---|----|
| INTRODUÇÃO .....  | 1  |
| 1.1 Considerações Iniciais .....  | 1  |
| 1.3 Localização e vias de acesso .....  | 2  |
| 1.4 Aspectos Fisiográficos, Hidrografia, Clima e Vegetação .....  | 2  |
| 1.5 Materiais e métodos .....   | 4  |
| 1.5.1 Revisão Bibliográfica.....  | 6  |
| KIMBERLITOS.....  | 8  |
| 2.1 Definição de Kimberlito .....   | 8  |
| 2.2 Tipos de Magmas Relacionados e Ambiente Tectônico.....  | 9  |
| 2.3 Classificação de kimberlitos .....  | 10 |
| 2.4 Principais Ocorrências .....  | 12 |
| CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL .....   | 14 |
| 3.1 Cráton São Francisco .....  | 14 |
| 3.2 Complexos Metamórficos .....  | 15 |
| 3.3 <i>Greenstone Belts</i> .....   | 16 |
| 3.3.1 <i>Greenstone Belt</i> Rio das Velhas .....   | 16 |
| 3.3.2 <i>Greenstone Belt</i> Pitangui .....   | 17 |
| 3.3 Unidades do Proterozoico .....  | 18 |
| 3.4 Arcabouço Estrutural .....  | 18 |
| 3.4 Campo Kimberlítico Divinópolis.....   | 20 |
| RESULTADOS E DISCUSSÃO .....  | 22 |
| 4.1 Descrição Petrográfica Macroscópica.....  | 22 |
| 4.2 Descrição Petrográfica Microscópica .....   | 22 |
| 4.3 Química Mineral Quantitativa por Microscópio Eletrônico de Varredura com EDS acoplado (MEV/EDS) ..... | 27 |

|                                 |    |
|---------------------------------|----|
| 4.3.1 Olivina.....              | 27 |
| 4.3.2 Mica .....                | 28 |
| 4.3.3 Clinopiroxênio .....      | 29 |
| 4.3.4 Perovskita.....           | 30 |
| 4.3.5 Ilmenita .....            | 30 |
| 4.3.6 Carbonato .....           | 31 |
| CONCLUSÃO .....                 | 32 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 33 |

# ÍNDICE DE FIGURAS

|   |           |
|---|-----------|
| <b>Figura 1.1</b> - Mapa de localização e vias de acesso da área de estudo, região próxima a Pará de Minas – MG.....  | <b>17</b> |
| <b>Figura 1.2</b> - Distribuição das grandes unidades de relevo presentes na Folha Pará de Minas (Romano <i>et al.</i> 2007).....   | <b>18</b> |
| <b>Figura 1.3</b> - A) Amostra de testemunho de sondagem rotativa utilizada para a confecção das lâminas. B) Lâminas delgadas utilizadas para o presente estudo: LSC-30A, LSC-30B e LSC-30C, respectivamente.....   | <b>19</b> |
| <b>Figura 1.4</b> - Diagrama representando as partes de uma lâmina delgada similar às que foram confeccionadas.....   | <b>20</b> |
| <b>Figura 1.5</b> - Representação esquemática do funcionamento de um Microscópio eletrônico de Varredura (MEV) com EDS acoplado, retirado de (Dedavid <i>et al.</i> 2007).....  | <b>21</b> |
| <b>Figura 2.1</b> - Representação esquemática da geologia interna de diferentes tipos de <i>pipes</i> kimberlíticas (Scott Smith <i>et al.</i> 2013). Baseando-se nas classificações genéticas texturais propostas pelos autores, temos como legenda: verde = piroclástico tipo <i>Fort à la Corne</i> kimberlito; marrom = kimberlito piroclástico tipo Kimberley; azul = kimberlito coerente; amarelo = texturas de transição de kimberlito piroclástico do tipo Kimberley para kimberlito coerente; cinza = kimberlito vulcanoclástico ressedimentado..... | <b>23</b> |
| <b>Figura 2.2</b> - Províncias diamantíferas do Brasil, modificado de Cabral Neto (2017). Em vermelho, se destaca a área de estudo do presente trabalho.....  | <b>28</b> |
| <b>Figura 3.1</b> - Sistema orogênico brasileiro-panafricano do Gondwana Ocidental (modificado de Alkmin, F.F. <i>et al.</i> , 2001).....   | <b>29</b> |
| <b>Figura 3.2</b> - Mapa geológico simplificado com limites e coberturas do Cráton São Francisco – Porção Sul (modificado de Alkmin, F.F., Teixeira W. 2017). Destaca-se a área estudada em vermelho.....   | <b>30</b> |
| <b>Figura 3.3</b> - Croqui representado as Zonas de Cisalhamento correspondentes ao Lineamento Pitangui (Romano <i>et al.</i> 2007).....  | <b>34</b> |
| <b>Figura 3.4</b> - Mapa Magnetométrico do estado de Minas Gerais em escala 1:500.000 realizado pela CPRM. Em destaque amarelo, direção preferencial dos lineamentos NW-SE conhecidos como Azimute 125°, em vermelho, área aproximada do presente estudo (Fonte: <a href="https://geosgb.sgb.gov.br/">https://geosgb.sgb.gov.br/</a> , acesso em 08/2023).....  | <b>35</b> |
| <b>Figura 3.5</b> - Mapa Geológico representando o Campo Kimberlítico Divinópolis (modificado de Neto <i>et al.</i> 2017. Em vermelho, destaca-se a área de estudo.....   | <b>36</b> |
| <b>Figura 4.1</b> - Fotos das lâminas tiradas em microscópio petrográfico com aumento de 10X. A) Arcabouço mineralógico encontrado na amostra: olivina, mica e clinopiroxênio. No centro, um representante de um xenólito mantélico. B) Imagem em luz polarizada da mesma extensão de A. C) Arcabouço mineralógico evidenciando duas diversidades de olivina, cristais de piroxênio de diferentes tamanhos e textura porfírica. D) Imagem em luz polarizada da mesma extensão de C.....   | <b>38</b> |
| <b>Figura 4.2</b> – Imagens de diferentes cristais de olivina, tiradas em microscópio petrográfico com aumento de 10X. A) Borda de reação de espessura reduzida composta por piroxênio e serpentina. B) Imagem em luz polarizada de A. C) Borda com maior espessura e cor rubra, composta por iddingsita. Em D: Imagem em luz polarizada de D.....  | <b>39</b> |
| <b>Figura 4.3</b> - Imagens evidenciando o grau de alteração e caráter poliminerálico de diferentes xenólitos mantélicos. A) Xenólito mantélico serpentinizado. B) Cores de interferência e padrões característicos da serpentina. C) Xenólito apresentando borda de reação composta por piroxênio. D) Imagem em luz polarizada de C.....   | <b>40</b> |
| <b>Figura 4.4</b> - Imagens retratando cristais de clinopiroxênio e flogopita. A) Cristal de diopsídio apresentando clivagem em 90° e borda de reação. B) Imagem em luz polarizada de A. C) Cristais de flogopita apresentando bandamento característico. D) Imagem em luz polarizada de C.....   | <b>41</b> |

**Figura 4.5** - Composição dos cristais de olivina da amostra classificados quanto às proporções entre os teores de Fe e Mg. A) Composição referente aos minerais da lâmina LSC-30A. B) Composição referente aos minerais da lâmina LSC-30B. C) Composição referente aos minerais da lâmina LSC-30C.....**43**

**Figura 4.5** - Composição dos cristais de olivina da amostra classificados quanto às proporções entre os teores de Fe e Mg. A) Composição referente aos minerais da lâmina LSC-30A. B) Composição referente aos minerais da lâmina LSC-30B. C) Composição referente aos minerais da lâmina LSC-30C.....**44**

**Figura 4.7** - Composição dos cristais de clinopiroxênio da amostra classificados quanto às proporções entre os teores Mg, Fe e Ca. A) Composição referente aos minerais da lâmina LSC-30A. B) Composição referente aos minerais da lâmina LSC-30B. C) Composição referente aos minerais da lâmina LSC-30C.....**44**

**Figura 4.8** – Composição dos cristais de ilmenita de todas as lâminas deste estudo. Na representação, se encontram contidas em uma zona definida por Wyatt (2004) como campo de ilmenitas provindas de kimberlitos cratônicos.....**45**

## ÍNDICE DE TABELAS

---

**Tabela 1.1** - Relação dos sistemas ópticos possíveis em um microscópio petrográfico, e partes utilizadas para observar diferentes propriedades ópticas dos minerais analisados.....**20**

**Tabela 3.1** - Correlação estratigráfica das unidades encontradas na região do estudo para diferentes autores.....**33**

## RESUMO

---

Kimberlitos são rochas vulcânicas intrusivas que representam uma importante janela para os processos geológicos da base da litosfera. São rochas ultramáficas de composição similar ao peridotito. Durante sua ascensão pela crosta, essa rocha agrega minerais e elementos variados, diversificando ainda mais sua composição final. Esse estudo visa a caracterização petrográfica do kimberlito encontrado nas proximidades de Pará de Minas, Minas Gerais. Foi utilizada uma amostra de um testemunho de sondagem rotativa doada ao DEGEO. Para a classificação mineralógica foram realizadas análises qualitativas e semiquantitativas com o uso de Microscópio Petrográfico e Microscópio Eletrônico de Varredura com EDS acoplado. Tem-se como objetivo aprofundar os conhecimentos sobre a origem e composição deste importante recurso. Como mineralogia essencial foram descritos cristais de olivina, mica e clinopiroxênio. Ilmenita, perovskita, cromita, barita e calcita aparecem como mineralogia acessória. Também se identificou uma mineralogia secundária de serpentina e piroxênios aparecendo principalmente como bordas de reação em macrocristais.

**Palavras chave:** kimberlito, petrografia, análises composicionais, Campo Kimberlítico de Divinópolis.

## ABSTRACT

---

Kimberlites are intrusive volcanic rocks that serve as an important window into the geological processes occurring at the base of the lithosphere. These are ultramafic rocks with a composition similar to peridotite. During their ascent through the crust, these rocks incorporate various minerals and elements, further diversifying their final composition. This study aims to conduct a petrographic characterization of kimberlite found near Pará de Minas, Minas Gerais, Brazil. A sample from a rotary drilling core was donated to DEGEO for analysis. Mineralogical classification involved qualitative and semi-quantitative analyses using a Petrographic Microscope and a Scanning Electron Microscope equipped with EDS. The goal is to deepen the understanding of the origin and composition of this significant resource. Essential mineralogy includes crystals of olivine, mica, and clinopyroxene, while accessory minerals identified were ilmenite, perovskite, chromite, barite, and calcite. Secondary mineralogy, such as serpentine and pyroxenes, was also observed, mainly as reaction rims around macrocrystals.

**Keywords:** kimberlite, petrography, compositional analysis, Divinópolis Kimberlite Field



# CAPÍTULO 1

## INTRODUÇÃO

---

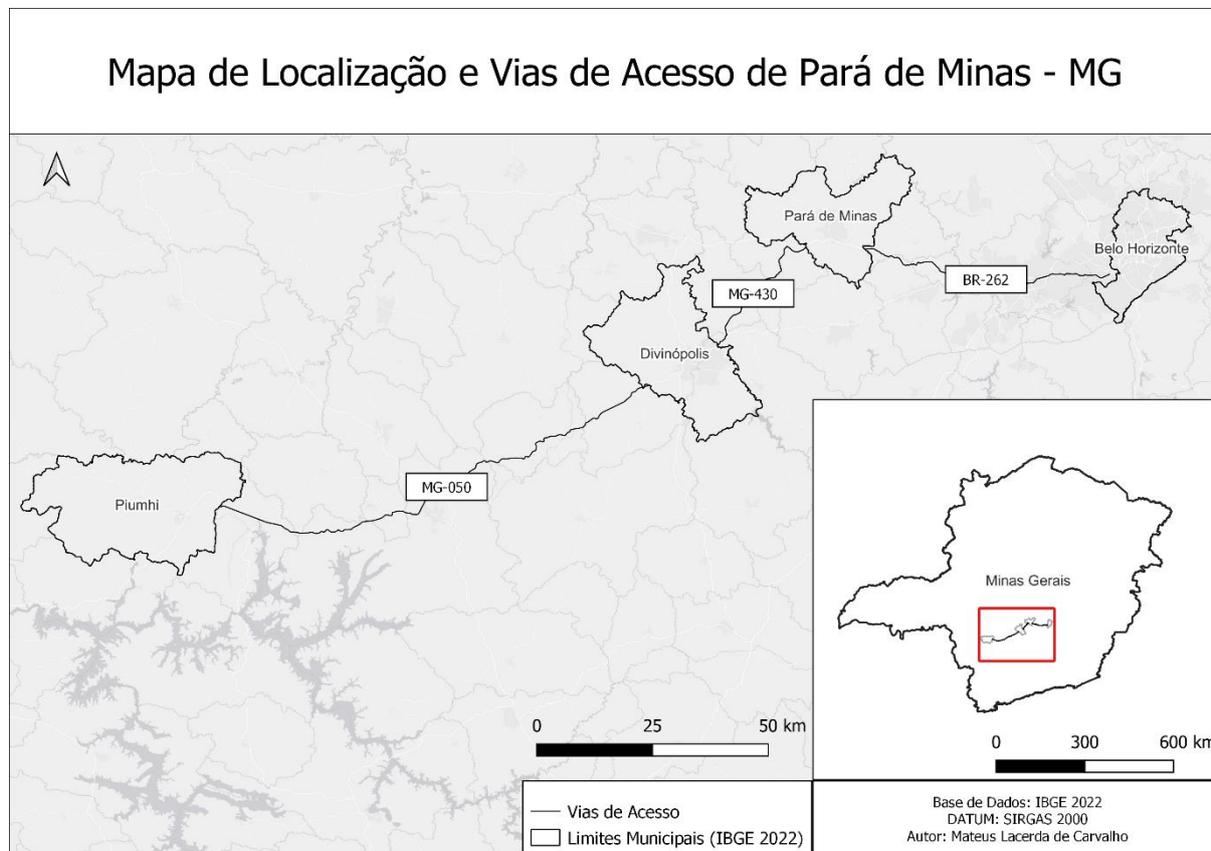
### 1.1 Considerações Iniciais

Inserido no contexto geológico de porção Sul do Cráton São Francisco, o Campo Kimberlítico Divinópolis (CKDV) localiza-se na porção centro-sul de Minas Gerais abrangendo uma área de 6.000 km<sup>2</sup>. Na região, os kimberlitos ocorrem como corpos intrusivos na forma de enxames de *pipes*, com alguns corpos já estudados (Junco, Maravilha e Indaiá). Essas formações vulcânicas ultrabásicas são reconhecidas por poder abrigar depósitos de diamantes, minerais gemológicos de significativa relevância econômica. Além dos diamantes, os kimberlitos podem alojar minerais como cromita, ilmenita, espinélio e granada, que têm aplicações industriais e tecnológicas essenciais. A exploração desses recursos minerais, não apenas contribui substancialmente para a economia nacional por meio da produção de diamantes e outros minerais valiosos, mas também estimula a pesquisa geológica avançada e a inovação tecnológica, impulsionando o desenvolvimento de técnicas sofisticadas de exploração e beneficiamento mineral. Como consequência, a análise aprofundada dos recursos minerais associados aos kimberlitos não só enriquece a compreensão da geologia brasileira, mas também fomenta oportunidades de crescimento sustentável e econômico no setor mineral do país.

O presente trabalho teve como objetivo a caracterização petrográfica de um kimberlito localizado próximo à cidade de Pará de Minas, Minas Gerais. Para tal, foi utilizada uma amostra, doada ao professor Ricardo Scholz Cipriano do Departamento de Geologia da Universidade Federal de Ouro Preto (DEGEO-UFOP), fruto de um testemunho de sondagem rotativa. Esta cidade se encontra no contexto do Campo Kimberlítico de Divinópolis, uma região que apresenta dezessete intrusões kimberlíticas já catalogadas.

## 1.2 Localização e vias de acesso

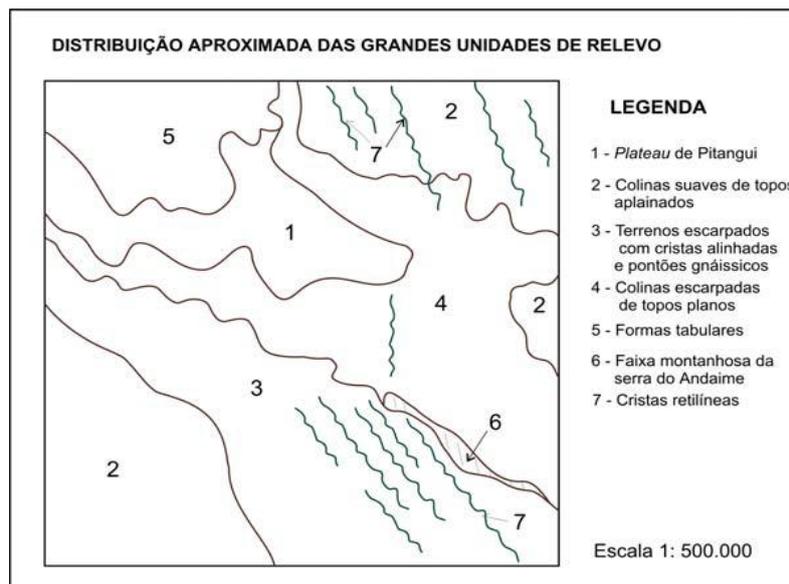
A amostra utilizada no presente estudo foi retirada de uma área próxima à cidade de Pará de Minas – Minas Gerais, com sede nas coordenadas geográficas 19° 51' 36" Sul, 44° 36' 28" Oeste (Figura 1.1). A cidade é localizada a 69 km de Belo Horizonte e a 73 km de Divinópolis, e é ligada a estas pelas rodovias BR-262 e MG-430, respectivamente.



**Figura 1.1** - Mapa de localização e vias de acesso da área de estudo, região próxima a Pará de Minas – MG.

## 1.3 Aspectos Fisiográficos, Hidrografia, Clima e Vegetação

A área de estudo se localiza geograficamente entre o sistema de altos relevos montanhosos do Quadrilátero Ferrífero e a região do Planalto do São Francisco. As informações morfológicas foram descritas no mapeamento em escala 1:150.000 realizado pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM) (Figura 1.2) (Romano *et al.* 2007).



**Figura 1.2** - Distribuição das grandes unidades de relevo presentes na Folha Pará de Minas (Romano *et al.* 2007)

A feição fisiográfica que mais se destaca, o Platô de Pitangui, é formado pelas rochas metavulcânicas e metassedimentares do Supergrupo Rio das Velhas. Tal feição é limitada ao Sul pelos *hogbacks* da Serra dos Ferreiras, Serra do Antimes e Serra da Jaguará, a Leste pelos quartzitos escarpados das Serra Grande e dos Correias e a Norte pela Serra do Rio do Peixe.

A nordeste o relevo se torna mais diferenciado, com desenvolvimento de altas escarpas gnáissicas e pontas de rochas frescas. A rede de drenagem tem um marcante padrão retangular com cursos d'água, por vezes, profundamente encaixados no relevo.

A feição que mais se destaca na região é o padrão retilíneo de morros com cristas finas, que abrigam veios de quartzo. Essas cristas apresentam uma forma afiada e geralmente têm largura que varia de algumas dezenas a poucas centenas de metros e se estendem por dezenas de quilômetros. Destacam-se entre elas a Serra da Piteira, o Morro do Facão, e a Serra da Traíra, ao norte da área abordada. Além dessas, há dezenas de outras cristas de maior ou menor proeminência na região.

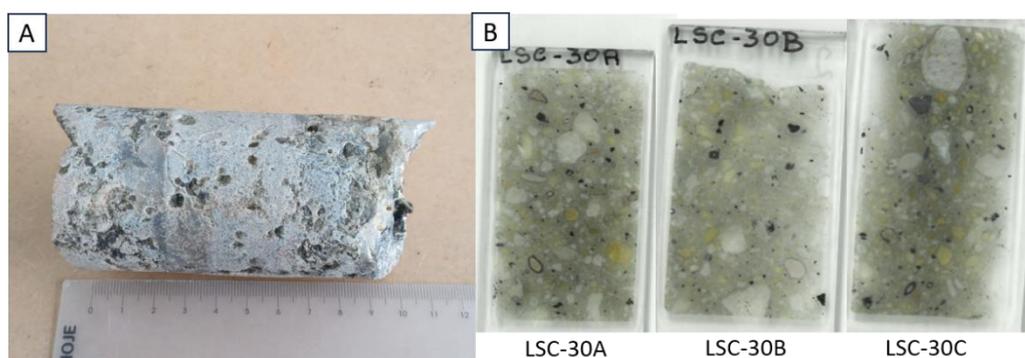
A região estudada faz parte da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco, situando-se nas sub-bacias dos rios Pará e Paraopeba. Entre os cursos d'água que contribuem para o rio Pará, merecem destaque o rio São João, o ribeirão Paciência, que atravessa a cidade de Pará de Minas, e o rio do Peixe, localizado ao norte de Pitangui.

O clima da região é do tipo "Cwa" na classificação de Köppen (Reboita *et al.*, 2015), que é referente a existência de invernos secos e verões brandos, com a média do mês mais frio inferior a 19°C. Estes parâmetros caracterizam um clima mesotérmico do tipo tropical de altitude.

A vegetação predominante na extensão da folha estudada é do tipo cerrado de porte médio, ocorrendo manchas de florestas perenifólias a subcaducifólias no domínio das rochas do Supergrupo Rio das Velhas e nos terrenos granito-gnáissicos mais úmidos.

## 1.4 Materiais e Métodos

O presente estudo apresenta a análise petrográfica de uma amostra obtida por meio de doação ao Departamento de Geologia (DEGEO) da Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP). A amostra (Figura 1.3) representa um testemunho de sondagem rotativa de aproximadamente 10 cm de comprimento e 40 mm de diâmetro. Esta foi obtida em uma área próxima a Pará de Minas – MG, em uma região conhecida como Campo Kimberlítico de Divinópolis. Primeiramente foi realizado a descrição macroscópica da amostra baseando-se, principalmente, nas definições e diretrizes para descrição propostas em Jerram *et al.* (2017). Posteriormente, no Laboratório de Laminação (LAMIN-DEGEO), foram confeccionadas três lâminas delgadas, denominadas: LSC-30A, LSC-30B e LSC-30C (Figura 1.3).



**Figura 1.3** – A) Amostra de testemunho de sondagem rotativa utilizada para a confecção das lâminas. B) Lâminas delgadas de kimberlito utilizadas no estudo.

Os cortes para a confecção foram realizados perpendicularmente ao comprimento da amostra que foi dividida em três partes. As regiões dos cortes representam a diversidade dos minerais observados a olho nu. Após o corte inicial e seleção das regiões, foi realizada uma abrasão mecânica de modo a reduzir as dimensões da amostra e aproximar seu formato de um paralelepípedo. Posteriormente, iniciou-se o processo de polimento, utilizando abrasivos de granulometrias diferentes a mão, ou utilizando a máquina politriz. Ao atingir uma espessura de até alguns milímetros, a amostra e o vidro foram limpos e secos em estufa. Após ambos estarem completamente secos, foi realizada a colagem das amostras e um último polimento, visando atingir a espessura padrão, de aproximadamente 0,03 milímetros. Por fim, a amostra foi sobreposta com resina (Bálsamo do Canadá) de índice de refração conhecido (1,52-1,54), e capeada com uma lamínula de vidro, finalizando a confecção (Figura 1.4).



**Figura 1.4** - Diagrama representando as partes de uma lâmina delgada similar às que foram confeccionadas.

Após a confecção das lâminas, foi realizada a análise petrográfica utilizando o microscópio de luz polarizada, ou microscópio petrográfico. O microscópio petrográfico se trata de um microscópio

ordinário ao qual podem ser introduzidos dois polarizadores e outros analisadores posicionados entre o mineral a ser examinado e a ocular. Estes permitem a identificação dos minerais por meio de suas características ópticas, com funcionalidades variando de acordo com a configuração escolhida, como mostra a Tabela 2.1.

**Tabela 2.1** - Relação dos sistemas ópticos possíveis em um microscópio petrográfico e partes utilizadas para observar diferentes propriedades ópticas dos minerais analisados.

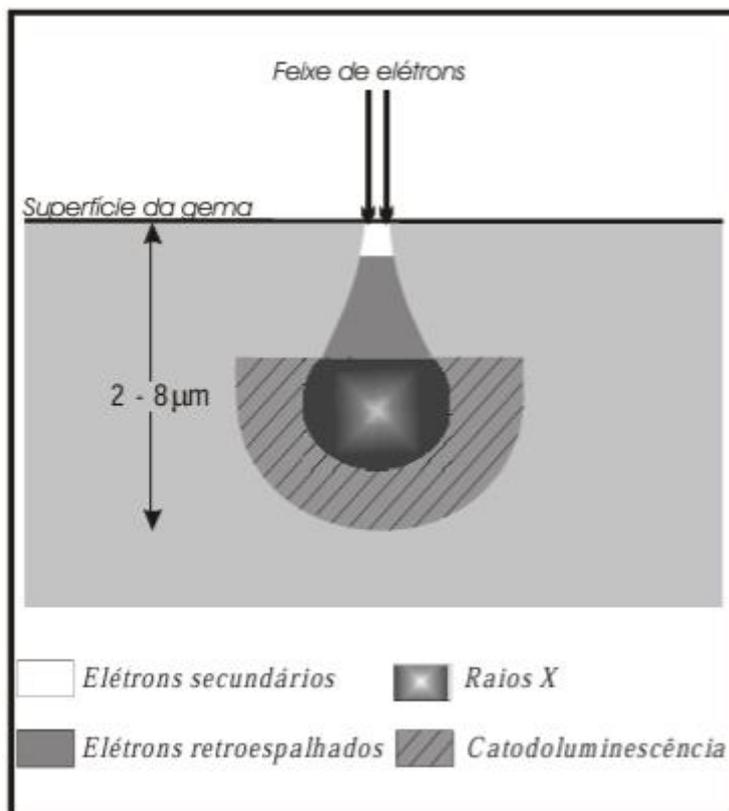
| <b>Sistema Óptico</b> | <b>Partes Ativas da Configuração</b>   | <b>Propriedades Ópticas Observáveis</b>   |
|-----------------------|--|---|
| Luz Natural           | Polarizador Inferior   | Morfológicas: hábito, relevo, cor, etc.   |
| Ortoscópico           | Polarizador Inferior e Analisador  | Cores de Interferência: birrefringência, sinal de alongação, tipo de extinção, etc. |
| Conoscópico           | Polarizador Inferior, Analisador, Lente de Amici-Bertrand e Condensador Móvel. | Figuras de Interferência: caráter óptico, sinal óptico, ângulo 2V, etc.             |

As análises químicas semiquantitativas de micas, piroxênios, olivinas, granadas, cromitas, ilmenitas e perovskitas contidas na amostra foram realizadas utilizando o Microscópio Eletrônico de Varredura - MEV Jeol modelo JSM-6510 com um detector de energia dispersiva de raios-X acoplado (EDS) modelo Pentaflex-INCA da marca *Oxford Instruments* (Figura 1.5) no Laboratório de Microscopia e Microanálises (LMic) do DEGEO-UFOP. Para tais, foi utilizado 20 kV de voltagem de aceleração, *spot size* (SS) de 70 e distância de trabalho (WD) de 15 mm. Foi realizada a seleção de cinco áreas de interesse em cada lâmina que tinham como objetivo representar todos os minerais presentes na amostra. Após a seleção destas, foi realizada a metalização dos minerais não condutores de corrente elétrica.

O Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV) opera com uma fonte que emite um feixe contínuo de elétrons direcionados de forma contínua sobre a superfície da amostra durante o ensaio. Por meio de um detector integrado no equipamento (EDS), é possível analisar as energias dos elétrons que interagem com a superfície da amostra. Essas informações são interpretadas, resultando em imagens de alta definição. A imagem eletrônica de varredura representa o mapeamento e a contagem de elétrons secundários (SE – *secondary electrons*) e retro espalhados (BSE – *backscattering electrons*).

A imagem produzida pelos SE representa detalhes da superfície ionizada dos minerais, em tons de cinza. Os tons mais claros representam maior quantidade de elétrons capturados indicando a forma das faces e bordas do mineral, também indicam defeitos da metalização. Por sua vez, a imagem de BSE mostra as diferenças composicionais dos minerais, a imagem resultante também é representada em tons de cinza. Nesta, os tons claros representam elementos com número atômico (Z) relativamente maior que os tons mais escuros.

Ao MEV, foi acoplado o sistema de EDS (*Energy Dispersive System*). Este possibilita a determinação da composição qualitativa e semiquantitativa da amostra, a partir da emissão de raios-X. É obtido então um mapa químico quantificando a composição de uma área do mineral analisados (Dedavid *et al.* 2007).



**Figura 1.5** - Representação esquemática do funcionamento de um Microscópio eletrônico de Varredura (MEV) com EDS acoplado, retirado de (Dedavid *et al.* 2007).

#### 1.4.1 Revisão Bibliográfica

A principal base de consulta bibliográfica para o arcabouço litológico foram os mapeamentos de Romano *et al.* (2007, 2023), em escala 1:100.000 e 1:50.000 realizados pela SBG. A esta base, adicionou-se os trabalhos de Dorr (1969), Almeida (1977), Alkmin & Marshak (1998), Alkmin (2001) culminando nas sínteses elaboradas por Pedrosa-Soares (2015) e I. Endo (2019), de modo a refinar e atualizar os dados sobre a base da geologia regional.

Os trabalhos de Balthasar e Zucchetti (2007), Romano *et al.* (2023) e Marinho *et al.* (2018) foram trazidos para elucidar sobre o greenstone belt Pitangui, bem como suas diferenças e relações com o greenstone belt Rio das Velhas, discutido extensamente pelos anteriores trabalhos.

Sobre a geologia de kimberlitos, foram utilizadas as definições iniciadas por Lewis (1887) e revistas por Hawthorne (1975), Skinner (1986), Biondi (2003) e Smith et al. (2008) quanto a mineralogia, texturas e gênese dos grupos desta rocha.

Para a classificação final, escolheu-se a de Smith (2017) por ser mais recente, completa, e com foco nas descrições em lâminas delgadas.

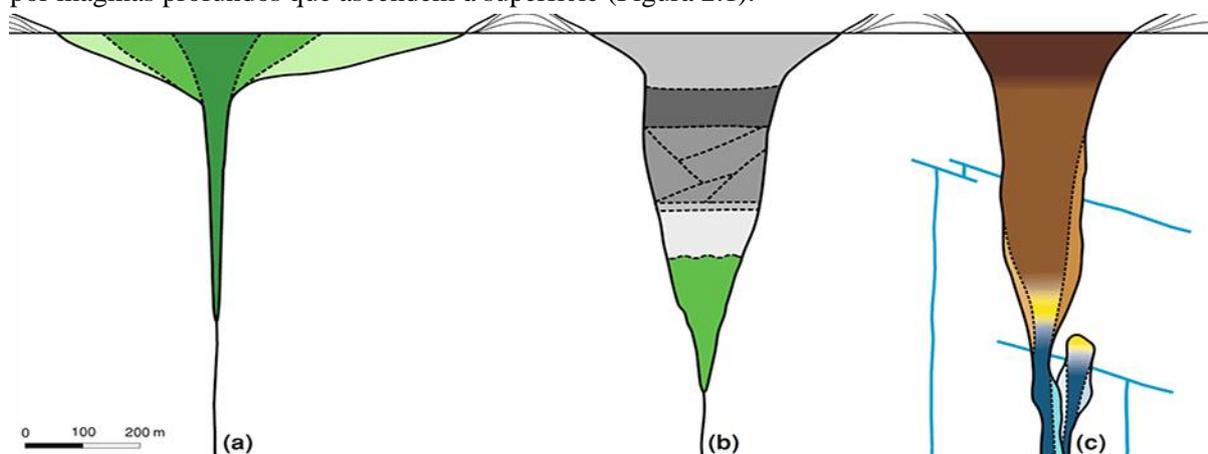
## CAPÍTULO 2

### KIMBERLITOS

#### 2.1 Definição de Kimberlito

O termo "kimberlito" foi pela primeira vez introduzido na literatura geológica por Lewis (1887) para descrever a rocha que abriga os diamantes no local de referência, Kimberley, na África do Sul.

Desde então, várias tentativas foram feitas para estabelecer critérios petrográficos confiáveis para identificar e classificar kimberlitos. Por causa de sua complexa gênese e característica de amalgamar minerais crustais ao *melt* durante sua ascensão, as definições de kimberlitos são comumente bem distintas, focando cada vez em um grupo de características escolhidas a depender do objetivo da identificação (Hawthorne 1975; Dawson 1977; Clement et al. 1984; Biondi 2003; Sparks 2013). Os kimberlitos comumente são encontrados como corpos intrusivos de formato cônico (diatrema) formados por magmas profundos que ascendem à superfície (Figura 2.1).



**Figura 2.1** - Representação esquemática da geologia interna de diferentes tipos de *pipes* kimberlíticas (Scott Smith et al. 2013). Baseando-se nas classificações genéticas texturais propostas pelos autores, temos como legenda: verde = piroclástico tipo *Fort à la Corne* kimberlito; marrom = kimberlito piroclástico tipo Kimberley; azul = kimberlito coerente; amarelo = texturas de transição de kimberlito piroclástico do tipo Kimberley para kimberlito coerente; cinza = kimberlito vulcanoclástico ressedimentado.

Segundo as definições obtidas no glossário de Scott Smith et al. (2013), kimberlitos são um grupo de rochas ígneas ricas em voláteis, comumente apresentando até 5% de H<sub>2</sub>O e 10% de CO<sub>2</sub>. Elas são potássicas, com baixos índices Na<sub>2</sub>O/K<sub>2</sub>O (geralmente < 0,5%). Essas rochas são ultrabásicas e ricas em olivina, que pode atingir cerca de 50% em volume modal. Os kimberlitos derivam de uma fonte no manto astenosférico profundo e apresentam uma textura inequigranular característica, resultante da presença de macrocristas dispersos em uma matriz de grãos mais finos.

Os macrocristais são comumente compostos de olivina, flogopita e espinélio enriquecido em Mg-Cr-Ti envolvidos por uma matriz que pode conter monticelita, flogopita, perovskita, espinélio, apatita,

carbonato (calcita e/ou dolomita) e serpentina (Scott Smith *et al.* 2018). Feldspatos, clinopiroxênios e anfibólios não são considerados minerais tipo, estando presentes principalmente em rochas mais alteradas. Os macrocristas são predominantemente cristais olivina anédricos a subédricos em uma alta gama de tamanhos (de até ~20mm). A presença marcante de macrocristais de olivina (~25% em volume) é uma característica diagnóstica de kimberlitos hipoabissais (Scott Smith *et al.*, 2013, 2018). Além da olivina, outros macrocristais menos comuns (<1% em volume), mas variados, podem estar presentes; estes incluem granadas pobre em Cr ou ricas em Cr, Mg-ilmenita, Cr-espinélio, Cr-diopsídio, outros tipos de clinopiroxênio, ortopiroxênio (enstatita), flogopita, zircão e diamante. Os diamantes podem ou não estar presentes, mas apenas como um constituinte muito raro. Os macrocristais são comumente monominerálicos, mas comumente contêm inclusões de outros minerais pertencentes ao conjunto de macrocristais e podem apresentar características de deformação.

A matriz intersticial aos macrocristais e microfenocristais é de granulação muito fina (principalmente <0,2 mm, exceto para flogopitas em alguns casos) e composta por um ou mais dos seguintes minerais primários tipomórficos: monticelita, flogopita, perovskita, espinélio, apatita, carbonato (calcita e/ou dolomita) e serpentina (Scott Smith *et al.* 2018).

A presença de xenólitos (e xenocristais oriundos destes) é uma característica dos kimberlitos. Os xenólitos incluem (i) rochas derivadas do manto (por exemplo, peridotito, eclogito), (ii) rochas crustais profundas (por exemplo, granulitos) e (iii) rochas crustais rasas, em particular rochas encaixantes próximas da superfície incorporadas durante a intrusão. A reação entre o *melt* e os diversos xenólitos crustais pode levar à contaminação do magma, resultando na cristalização de minerais matriciais não tipomórficos (por exemplo, diopsídio, pectolita, anfibólio) (Mitchell *et al.* 2019).

## 2.2 Tipos de Magmas Relacionados e Ambiente Tectônico

Os magmas kimberlíticos são gerados na base da litosfera a partir de anomalias térmicas ou quedas de pressão em profundidades suficientes para estabilizar os diamantes e para atingir temperaturas acima do *solidus* rico em voláteis do manto (Sparks 2013). Priestely *et al.* (2006) indicam profundidades superiores a 150 km e temperaturas de 1.350 a 1.450 °C. Uma feição proeminente de vários kimberlitos é a presença de diferentes xenólitos e xenocristais derivados da base da litosfera. A interpretação geológica é que os magmas kimberlíticos são altamente disruptivos e fragmentam as rochas durante a ascensão pela litosfera gerando ambientes dinâmicos e de altas pressões. Essas interações são responsáveis pela diversidade e formato icônico das rochas kimberlíticas (diatrema). Outras feições relacionadas com a intrusão são os diques e *pipes*, intrusões em formatos diferentes e tamanho reduzido. Russel *et al.* (2012) propuseram que a geração destas estruturas envolve interações de pressão do magma, tensões tectônicas e a influência de estruturas preexistentes, que servem como zonas de fraqueza às tensões cisalhantes.

O magma primário sílico-carbonatítico ultrabásico é formado no manto litosférico e, ao atingir uma profundidade aproximada de 70 km, passa por um processo de separação de líquidos devido à imiscibilidade. Esse processo resulta na separação de um líquido silicatado carbonatítico e outro líquido kimberlítico. Nota-se então a relação espacial de proximidade dos depósitos carbonáticos e kimberlíticos (Biondi, 2003).

Associado também ao magma kimberlítico, o magma lamproítico apresenta uma composição química distinta, rica em voláteis como água e dióxido de carbono. Os lamproítos podem se formar em diversos ambientes tectônicos, predominando em regiões de subducção (Mitchell *et al.* 2019). Essa diferença nas características químicas entre kimberlitos e lamproítos sugere que, enquanto ambos os tipos de rochas estão relacionados a processos similares do manto, eles podem se originar em condições geológicas distintas.

Os estudos também indicam que a formação de kimberlitos está relacionada a uma variação de magmas do manto, que podem incluir a fusão parcial de rochas ricas em carbono. Essa fusão é influenciada por condições variáveis de temperatura e pressão, resultando em uma diversidade de magmas que, embora relacionados geneticamente, apresentam composições distintas (Sparks 2013). A interação entre fluidos e minerais do manto geram melts com características físico-químicas distintas, o que afeta tanto a composição química quanto a dinâmica de ascensão dos magmas (Mitchell *et al.* 2019).

Outro aspecto relevante é a relação entre os kimberlitos e a tectônica de placas. A maioria das ocorrências de kimberlitos está associada a crátons estáveis e faixas móveis, onde mesmo as condições tectônicas estáveis do ambiente e profundidade das raízes cratônicas favorecem a formação e ascensão desses magmas. Como visto, ambientes de subducção podem também criar as condições para a fusão do manto, promovendo a formação de kimberlitos (Sparks 2013).

Além dos tipos de magma brevemente abordados, outras rochas magmáticas de origem profunda, como os kamafugitos e lamprófiros ultramáficos, compartilham semelhanças de composição com as rochas diamantíferas kimberlíticas/lamproíticas.

### **2.3 Classificação de kimberlitos**

A classificação dos kimberlitos em Grupo I e Grupo II foi desenvolvida ao longo do tempo com base em suas características mineralógicas, geoquímicas e isotópicas, refletindo diferenças nas origens mantélicas e nos processos de formação desses magmas. Inicialmente, Wagner (1914) sugeriu uma distinção entre variedades basáltica e micácea, estabelecendo a base para classificações futuras. Smith (1983) formalizou essa divisão ao introduzir os termos "Grupo I" e "Grupo II", com base nas diferenças químicas e isotópicas observadas nas fontes mantélicas. Os kimberlitos do Grupo I se originam de fontes mantélicas com assinaturas isotópicas relativamente primitivas ou levemente empobrecidas, como

evidenciado pelos baixos valores de Sr e Nd. Isso sugere que o manto não foi significativamente modificado por processos metasomáticos ou subducionais. Em termos mineralógicos, esses kimberlitos são ricos em olivina e frequentemente contêm xenólitos de rochas do manto superior, como lherzolitos e harzburgitos, representando uma assinatura "arquetípica" dos kimberlitos clássicos.

Por outro lado, os kimberlitos Grupo II apresentam características que sugerem uma origem em um manto enriquecido por processos subducionais. Esse enriquecimento é evidenciado por maiores concentrações de elementos incompatíveis, como potássio (K), bário (Ba) e rubídio (Rb), indicando que a fonte mantélica foi modificada por fluidos ou fusões derivadas de materiais subduzidos, como a crosta oceânica reciclada. Esses kimberlitos também se diferenciam mineralogicamente pela presença significativa de flogopita e carbonatos, além de uma ausência típica da suite megacristalina dos kimberlitos Grupo I. Mitchell (1991, 1995) propôs o termo "orangeito" para os kimberlitos do Grupo II ao descrever que eles não compartilham uma relação genética direta com os kimberlitos do Grupo I.

Essa classificação não apenas reflete um avanço no entendimento sobre as origens e processos mantélicos envolvidos na formação dos kimberlitos, mas também tem implicações importantes para a prospecção de diamantes, uma vez que os dois tipos apresentam diferentes potenciais de preservação de diamantes e condições de formação. A evolução da classificação ao longo do tempo evidencia o esforço contínuo para caracterizar melhor os processos petrogenéticos que moldam o manto terrestre e os eventos magmáticos que o trazem à superfície.

De acordo com Scott Smith *et al.* (2013), os kimberlitos podem ser classificados de acordo com as características genéticas e texturais observadas (Figura 3.1) em estágios de detalhamento progressivo. Primeiramente, há a divisão nos termos mais gerais "coerente" e "vulcanoclástico".

O termo "coerente" se refere a rochas formadas totalmente pela solidificação direta de um volume significativo de magma. De acordo com os autores, o termo "kimberlito coerente" deverá substituir o termo ultrapassado "kimberlito magmático" para evitar confusões com outras utilizações do termo "magmático". Kimberlitos coerentes são então caracterizados por conter somente uma matriz composta por cristais contínuos ou hidratados, representantes da solidificação do *melt* kimberlítico. Essa classificação inclui rochas compostas dos produtos da cristalização de alguns grandes pacotes de *melt* segregados em um magma continuamente fluido rico em voláteis. Esse tipo textural se forma sem o magma sofrer fragmentação.

Já o termo "vulcanoclástico" é utilizado para se referir a rochas compostas de uma grande proporção de partículas vulcânicas. Esse termo deverá ser utilizado no lugar do termo "fragmental", pois este se refere a texturas com diversos sentidos genéticos e pode gerar confusão. Processos vulcânicos e sedimentares primários atuam em conjunto para gerar diversos depósitos e rochas vulcanoclásticos. Kimberlitos vulcanoclásticos geralmente apresentam piroclastos e/ou pirocristais (com presença de xenólitos e xenocristais agregados) envoltos em um cimento intersticial ou uma matriz clástica afanítica.

Mais detalhadamente, os kimberlitos coerentes podem ser subdivididos em “extrusivos” e “intrusivos”. Para realizar esta classificação, é necessário conhecer o contexto e as relações de contato da rocha em questão. A maioria das rochas coerentes extrusivas são lavas consolidadas. “Hipoabissal” é um termo que se refere a um corpo intrusivo que foi formado a uma profundidade relativamente pequena, mas não definida. Esse termo se refere comumente a intrusões de pequeno volume.

Os kimberlitos vulcanoclásticos, por sua vez, podem ser subdivididos em (i) kimberlito piroclástico; (ii) kimberlito ressedimentado vulcanoclástico e (iii) kimberlito epiclástico vulcânico. A primeira divisão compreende aqueles kimberlitos formados por erupções vulcânicas explosivas, depositados ou colocados por processos piroclásticos primários e que não apresentam evidências de ressedimentação. A segunda se refere aos kimberlitos formados por redeposição sedimentar de materiais piroclásticos agregados a outros da superfície e inconsolidados. Por fim, o terceiro grupo é composto pelos kimberlitos compostos da consolidação de detritos que continham epiclastos derivados de kimberlitos vulcânicos expostos por processos de erosão em superfície.

Os kimberlitos piroclásticos podem ainda ser divididos em duas classes baseadas nas características observadas nas rochas em sua área tipo: kimberlito piroclástico tipo Forte à la Corne e kimberlito piroclástico tipo Kimberley.

## 2.4 Principais Ocorrências

No estado de Minas Gerais são reconhecidas quatro províncias diamantíferas (Cabral Neto, 2017): (1) Alto Paranaíba, (2) Serra da Canastra, (3) Noroeste do São Francisco e (4) Serra do Espinhaço (Figura 2.2). A região de estudo, apesar de não estar contida em uma dessas, se localiza próximo da província (2) na região conhecida como Campo Kimberlítico de Divinópolis (CKD). A região está contida no Cráton São Francisco e localizada próximo às cidades de Pará de Minas e Piumhi. Neste campo, são reconhecidas 17 intrusões denominadas e distribuídas em Junco, Indaiá e Maravilha.

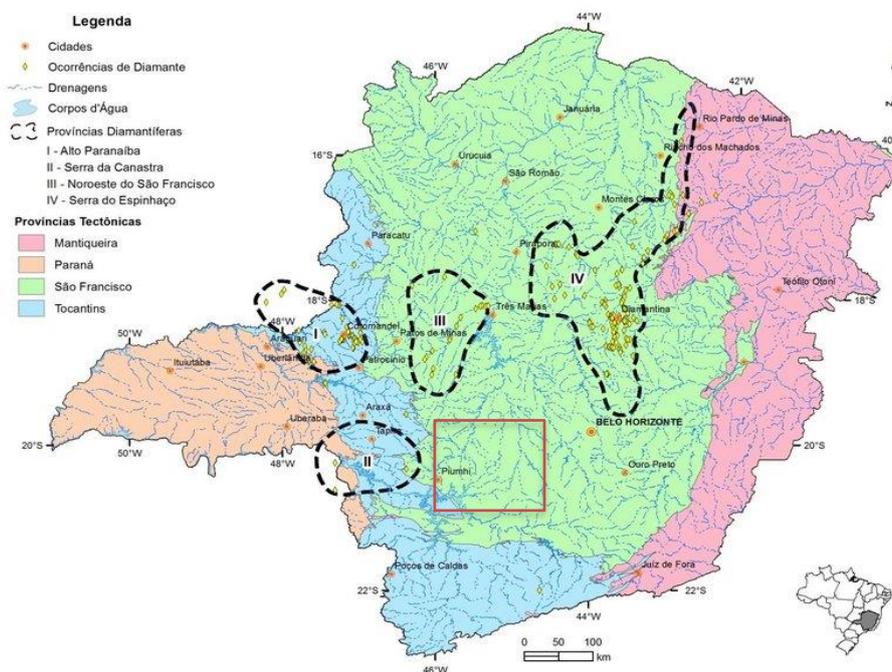
A Província Diamantífera da Serra da Canastra abrange a porção Sul da Faixa Brasília, circundante a oeste e sudoeste do cráton São Francisco. A região foi cenário de um importante evento magmático alcalino-ultrabásico durante o Cretáceo Inferior, associado a diversas intrusões kimberlíticas e rochas relacionadas, formando um agrupamento de aproximadamente 40 corpos (Chaves *et al.* 2008). Essa província se destaca ainda no contexto geoeconômico do Brasil diamantífero, pois inclui a primeira reserva comprovadamente dimensionada em uma rocha-fonte primária, localizada no kimberlito Canastra-1, além de um outro corpo nas proximidades, o kimberlito Canastra-8.

Também de notável expressão, a região do Alto Paranaíba se destaca pela presença de grandes depósitos aluvionares de diamantes, especialmente em áreas próximas a Coromandel, e pela ocorrência de intrusões de kimberlitos e outros tipos de rochas ígneas ultramáficas, como kamafugitos e carbonatitos. Esses depósitos estão frequentemente localizados ao longo de três rios principais:

Douradinho, Santo Inácio e Santo Antônio do Bonito, onde, em 1938, foi recuperado o maior diamante já registrado no Brasil, com 726,6 quilates. No Brasil, por causa do perfil climático tropical, essas rochas comumente se encontram com altos graus de alteração. As ocorrências de kimberlitos são identificadas principalmente pela prospecção de minerais resistentes, como a granada e espinélio, encontrados em sedimentos aluvionares (Carvalho 2022).

A província do Noroeste do São Francisco é caracterizada pela ocorrência de diamantes em depósitos aluvionares encontrados em rios que cortam rochas Cretácicas da região. Kimberlitos ou rochas conglomeráticas são as fontes sugeridas para esses depósitos (Benitez 2009).

Por fim, a província Serra do Espinhaço historicamente foi a mais pesquisada pela sua importância econômica referente à extração de diamantes. Nesta região são encontrados extensos depósitos diamantíferos em rochas conglomeráticas e depósitos aluvionares provenientes da erosão destas (Benitez 2009). Embora não se saiba precisamente a fonte dos diamantes encontrados nestas rochas, Chaves (1997) defende que, por se tratar de uma região muito extensa e com sedimentos gerados de uma forma semelhante, implica necessariamente na existência de uma grande província kimberlítica, próxima ou distante.



**Figura 2.2** - Províncias diamantíferas do Brasil, modificado de Cabral Neto (2017). Em vermelho, se destaca a área de estudo do presente trabalho.

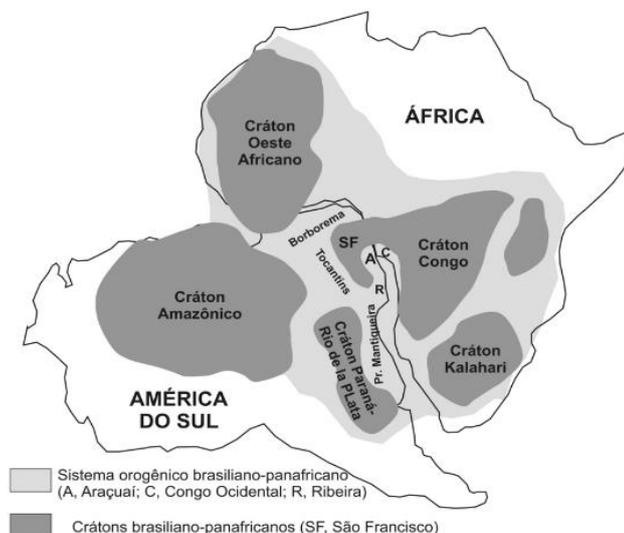
## CAPÍTULO 3

### CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL

#### 3.1 Cráton São Francisco

O território brasileiro tem estrutura herdada, em grande parte, do evento da Orogênese Brasiliana/Pan-africana, resultante da amalgamação do paleocontinente Gondwana ocidental, de idade Neoproterozoica superior. O registro dessa orogênese são estruturas de núcleos crustais preservados da deformação, cercados por faixas móveis intensamente deformadas (Figura 2.1) (Alkmin *et al.*, 2001).

Os núcleos crustais preservados recebem o nome de crátons e compõem o escudo brasileiro, constituídos de rochas oriundas do embasamento arqueano e separados pelas faixas móveis. Essas, por sua vez, são conhecidas por cinturões orogênicos formados no Paleoproterozóico e Paleozóico Superior.

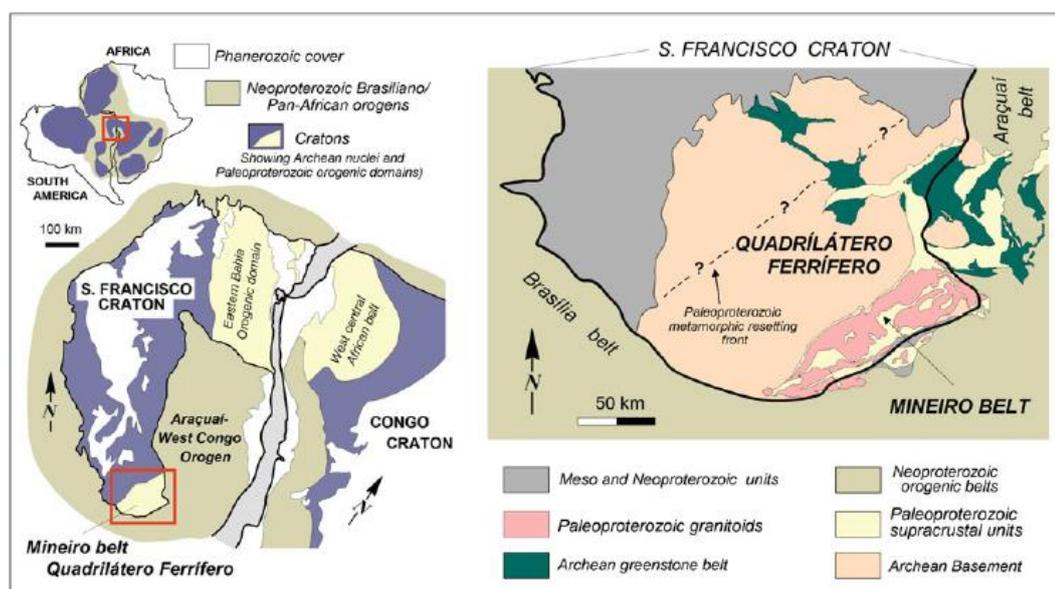


**Figura 3.1** - Sistema orogênico brasiliano-panafricano do Gondwana Ocidental (modificado de Alkmin, F.F. *et al.*, 2001).

Localizado na região centro leste do Brasil encontra-se o Cráton São Francisco, um bloco de alinhamento predominantemente NS, cujos limites foram primeiramente definidos por Almeida (1977) (Figura 3.2). A estrutura estende-se por cerca de 1 bilhão de Km<sup>2</sup>, fruto da amalgamação de blocos arqueanos durante o Evento Transamazônico (Teixeira, 2015). São reconhecidas seis faixas de dobramentos delimitando o cráton, são elas: Araçuaí, a sudeste; Ribeira, a sul; Riacho do Pontal e Sergipana, a norte; Rio Preto, a noroeste; Brasília, a oeste; e bacias da costa atlântica brasileira, a leste. O embasamento do cráton São Francisco é primariamente composto de rochas do Arqueano, uma suíte composta por trondjemito-tonalito-granodioritos (TTGs). Afloramentos desse embasamento são

encontrados principalmente nas porções sul e norte do cráton (Teixeira *et al.* 2017), com ocorrências menores em janelas estratigráficas na Bacia Sanfranciscana e um bloco delimitado por falhas no Aulacógeno do Paramirim.

Na porção Sul do cráton está localizado o Cinturão Mineiro, um extenso terreno juvenil composto principalmente por metagranitoides e sequências supracrustais que registra uma orogenia acrescionária de aproximadamente 2,17 Ga (Barbosa 2015). Inserido nesse contexto, o Quadrilátero Ferrífero (QF) representa uma importante província mineral. Se estendendo por 7.000 km<sup>2</sup> (essa região apresenta acima do embasamento TTG associações metamáfica-metaultramáficas e metavulcanossedimentares do Arqueano (*greenstone belts*) recobertas por sequências Proterozoicas e Fanerozoicas compostas por associações metavulcanossedimentares e metassedimentares (Dorr 1969, Almeida 1977, Alkmin e Marshak 1998, Lana *et al.* 2013, Teixeira 2017). Localizada à noroeste do QF, a área de estudo compreende terrenos onde afloram partes do embasamento cratônico, representantes das associações arqueanas e as coberturas mais recentes (Figura 3.2).



**Figura 3.2** - Mapa geológico simplificado com limites e coberturas do Cráton São Francisco – Porção Sul (modificado de Alkmin, F.F.; Teixeira, W. 2017). Destaca-se a área estudada em vermelho.

### 3.2 Complexos Metamórficos

Os complexos metamórficos englobam rochas cristalinas de idade arqueana, as quais surgem na forma de estruturas em domos e quilhas que estão distribuídas na região (Alkmin *et al.* 2001). Os complexos são constituídos por rochas gnáissicas polideformadas de composição tonalítica a granítica e, subordinadamente, por granitos, granodioritos, anfíbolitos e intrusões de rochas de natureza máfica e ultramáfica (TTG's). Formando o embasamento cratônico, temos os complexos TTG's Belo Horizonte e Divinópolis, representados na área por ganisses biotíticos e anfíbolíticos de bandamento

fino a médio bem como leucognaisse de bandamento médio. Essas rochas se encontram comumente milonitizadas ao longo das zonas de cisalhamento regionais. Além destas, temos a presença de algumas rochas de posicionamento cronoestratigráfico ainda indeterminado, como gabros, serpentinitos, epistenitos e anfibolitos (Romano *et al.* 2007). Essas rochas são o registro de um período de metamorfismo de alto grau, com desenvolvimento de uma foliação penetrante chegando à fácies anfibolito e formação de migmatitos. (Noce *et al.* 2005, Lana *et al.* 2013).

### **3.3 Greenstone Belts**

Romano *et al.* (2007) interpretaram os terrenos metavulcânicos arqueanos da região de Pará de Minas em equivalência estratigráfica ao *greenstone belt* Rio das Velhas (GBRV) representado litoestratigraficamente pelo Supergrupo Rio das Velhas. No trabalho, os autores ressaltam a presença de tipos litológicos exóticos, como rochas peraluminosas conhecidas como agalmatolitos. Trabalhos posteriores definem a sequência encontrada na região como *greenstone belt* Pitangui (GBP). A descrição de ambos domínios e a relação estratigráfica entre eles será brevemente discutida abaixo.

#### **3.3.1 Greenstone Belt Rio das Velhas**

Dorr (1969) já dividia o GBRV em duas unidades distintas (i) Grupo Nova Lima e (ii) Grupo Maquiné. O primeiro é composto primariamente por rochas metavulcânicas, metagrauvas, quartzitos, formações ferríferas bandadas (BIF's) do tipo Algoma e filitos carbonosos; o segundo é formado principalmente por quartzitos, metaconglomerados e filitos. Ladeira (1980,1981) adiciona ao embasamento deste o Grupo Quebra Ossos, composto predominantemente por rochas metavulcânicas máficas e ultramáficas.

Ladeira (1980,1981); Zucchetti *et al.* (2000) e Baltazhar e Zucchetti (2007) relacionam o início da deposição do Supergrupo Rio das Velhas à extrusão de maciços komatiíticos e basaltos komatiíticos almofadados intercalados com depósitos químicos carbonosos, condizentes com um ambiente de deposição marinho. Estas deposições foram seguidas por deposições marinhas de pelitos, formação ferrífera bandada e sílex, recobertos por sequências vulcanoclásticas de grauvas. Marcando o fim da deposição do Grupo Nova Lima, registram três eventos vulcânicos félsicos em aproximadamente  $2792 \pm 11$ ,  $2773 \pm 7$  e  $2751 \pm 9$  Ma, respectivamente (Noce *et al.*, 2005).

Acima do Grupo Nova Lima, temos uma camada de aproximadamente 2 km de espessura formada pela deposição de sedimentos marinhos gradando a fluviais do Grupo Maquiné. Dorr (1969) classifica essa sequência como sendo deposição em bacia tipo *flysch* gradando a molassa composta por grauvas e arenitos. Essas rochas apresentam uma tendência a aumento de granulometria com redução de profundidade, bem como enriquecimento em quartzo e aumento de conglomerados.

### 3.3.2 *Greenstone Belt Pitangui*

O *greenstone belt* Pitangui (GBP) aflora a aproximadamente 100 km a noroeste do Quadrilátero Ferrífero próximo ao limite setentrional do Cinturão Mineiro (Brando Soares *et al.* 2017). Se encontra em uma faixa de orientação NW-SE com cerca de 20 km de largura. Grossi Sad (1968) e Romano *et al.* (2007) interpretavam as rochas encontradas próximas a cidade de Pitangui – MG como equivalentes ao Supergrupo Rio das Velhas. Dessa forma, a litologia da região era classificada seguindo as definições dos Grupos Nova Lima e Maquiné.

Soares *et al.* (2017) já interpretam a região como sequências individualizadas, mas correlacionadas às deposições encontradas no QF. Os autores propõem uma subdivisão em três partes para a litologia local: (i) Unidade Inferior; (ii) Unidade Intermediária e (iii) Unidade Superior. Pelas definições sugeridas, a Unidade Inferior seria composta de grande quantidade de metabasaltos intercalados com metarenitos, BIFs, metachert e metapelitos carbonosos, indicando deposição em ambiente marinho correlata com o início da deposição do Supergrupo Rio das Velhas. A Unidade Intermediária seria formada por rochas metassedimentares clásticas (metarenitos e metapelitos) e rochas metavulcânicas (metadacitos, metandesitos e alguns metabasaltos menores). Também se tem camadas de BIFs em alternância com metapelitos. O contato com a unidade anterior é marcado pelo gradual aumento de rochas clásticas metassedimentares e a dominância dos metadacitos e metandesitos sobre os metabasaltos. Por fim, a Unidade Superior seria composta por sericita, metarenitos impuros e metaconglomerados polimíticos. Estes últimos, contêm clastos de BIFs, rochas metavulcânicas, metacherts, metarenitos e quartzo.

Por sua vez, Marinho *et al.* (2018) mantém a classificação das rochas regionais como pertencentes ao Supergrupo Rio das Velhas. Entretanto, definem os membros aflorantes na região em um grupo próprio, o Grupo Pitangui, recoberto pela Formação Antimes. O Grupo Pitangui seria o membro equivalente ao Grupo Nova Lima do GBRV e a Formação Antimes ao Grupo Maquiné. Dividem ainda o Grupo Pitangui nas formações Rio Pará, Rio São João e Onça do Pitangui. Abaixo, encontra-se a Tabela 3.1 relacionando as equivalências estratigráficas para os três trabalhos citados.

**Tabela 3.1** - Correlação estratigráfica das unidades encontradas na região do estudo para diferentes autores.

| Romano <i>et al.</i> (2007) |                 |   | Soares <i>et al.</i> (2017) | Marinho <i>et al.</i> (2018) |                   |                           |
|-----------------------------|-----------------|---|-----------------------------|------------------------------|-------------------|---------------------------|
| Supergrupo Rio das Velhas   | Grupo Maquiné   | Unidade metassedimentar marinha-fluvial   | Unidade Superior (iii)      | Supergrupo Rio das Velhas    |                   | Formação Antimes          |
|                             | Grupo Nova Lima | Unidade metassedimentar e vulcanoclástica | Unidade Intermediária (ii)  |                              | Grupo Pitangui    | Formação Onça do Pitangui |
|                             |                 | Unidade metaígneia e metassedimentar      | Unidade Inferior (i)        |                              |                   | Formação Rio São João     |
|                             |                 |   |                             |                              | Formação Rio Pará |                           |

### 3.3 Unidades do Proterozóico

Acima das deposições arqueanas, temos as coberturas mais recentes correlatas com o GBRV. No Quadrilátero Ferrífero se encontram expostas rochas pertencentes ao Supergrupo Minas, Supergrupo Itacolomi e Supergrupo Espinhaço de deposição no Paleoproterozóico (Lana *et al.*, 2013). Essas litologias não são encontradas na região de estudo. Romano *et al.* (2007) e Brando Soares *et al.* (2017) identificaram membros do Grupo Bambuí na região, representados pelos diamictitos compostos por clastos angulosos a arredondados de quartzitos, granitoides, gnaisses, xistos quartzosos e dolomitos da Formação Carrancas. Localmente, se encontra lentes de carbonato e estromatólito.

### 3.4 Arcabouço Estrutural

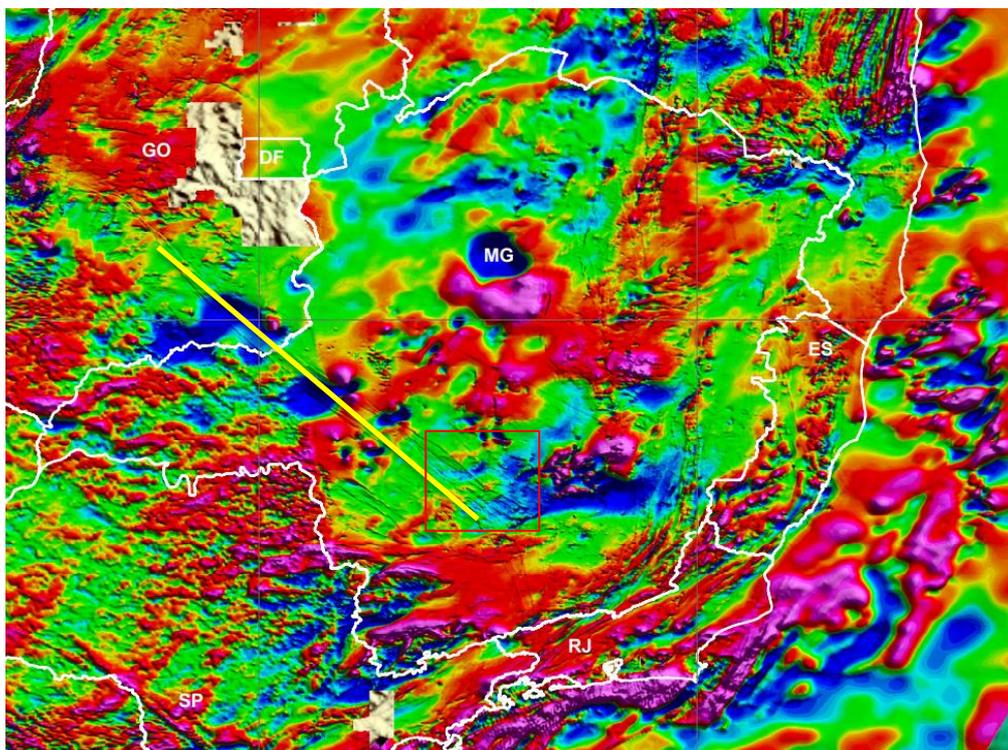
Regionalmente, as estruturas se apresentam balizadas por falhas direcionais, configurando mega-sigmóides, relacionadas a uma ampla zona de cisalhamento transcorrente, o Lineamento Pitangui, de direção noroeste–sudeste (Figura 3.3). Esta área inclui três zonas de cisalhamento regionais: Zona de Cisalhamento Pequi, Serra Grande e Pará de Minas. As rochas do embasamento se encontram milonitizadas próximas a essas zonas, bem como há a ocorrência de um leve aumento de grau metamórfico, indicando um retrabalhamento ao menos parcial das rochas da região (Romano *et al.* 2007).



**Figura 3.3** - Croqui representado as Zonas de Cisalhamento correspondentes ao Lineamento Pitanguí (Romano *et al.* 2007).

As ocorrências de Kimberlito na região se encontram sob controle estrutural dos lineamentos conhecidos como azimute 125° (Figura 3.4). O Az 125° é um conjunto de falhas com direção NW-SE, com aproximadamente 70 km de largura e 850 km de espessura, formadas durante a reativação magmática do mesoproterozóico ocorrida durante o evento orogênico Brasileiro, iniciado a cerca de 650 Ma (Rocha 2013). Representa um dos mais significativos campos de intrusões kimberlíticas no Brasil, servindo como conduto na ascensão do magma kimberlítico. Ao longo do lineamento Az 125° foram identificados pipes mineralizados de quatro regiões: Coromandel- MG, Três Ranchos-GO, Paranatinga-MT e Juína-MT (Pereira 2007). Dados recentes (Rocha *et al.* 2021) sugerem que os diques ao longo do Lineamento Az 125° se formaram ao longo de uma área de fraqueza na litosfera, que serviu como um ambiente propício tanto para a intrusão dos diques de composição básica quanto para as intrusões semicirculares de composição alcalina. Uma das teorias sobre a origem desses diques sugere a existência de uma sequência de câmaras magmáticas como possível fonte de magma. Outra possibilidade é que a influência da Pluma de Trindade tenha desempenhado um papel importante,

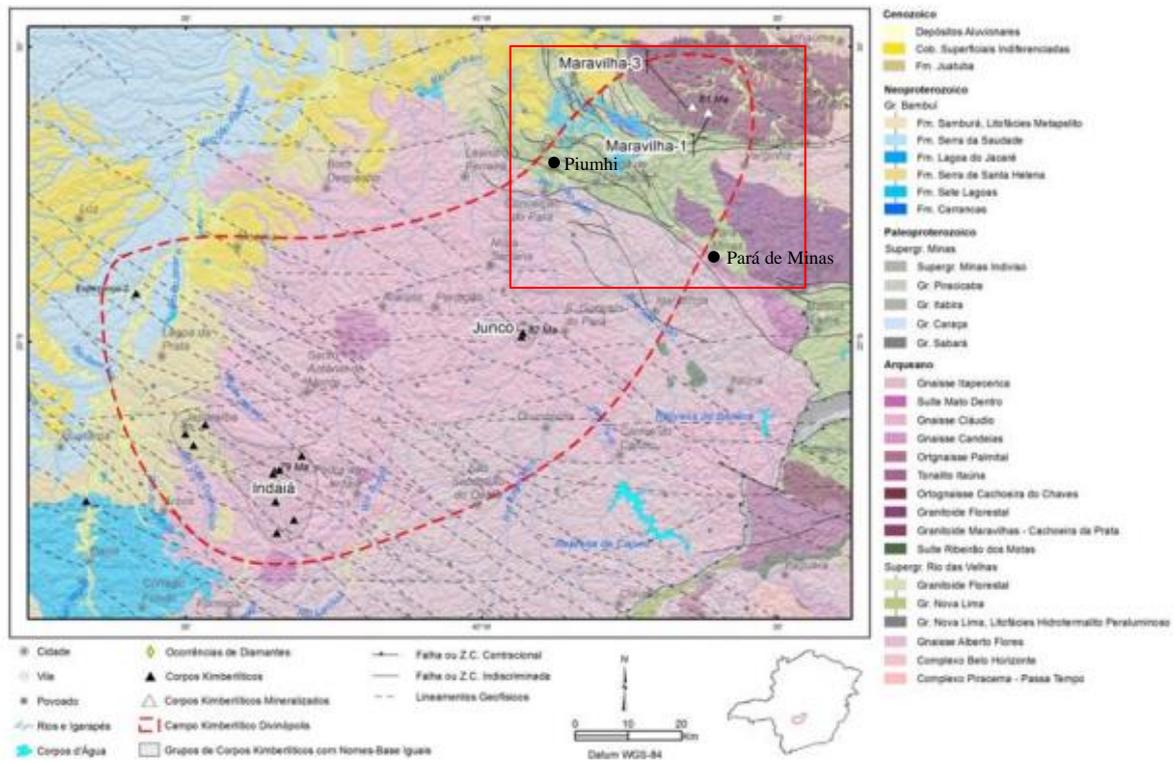
resultando em ressurgências do manto e fusão por descompressão, contribuindo assim para a formação dos diques e intrusões magmáticas na região.



**Figura 3.4** - Mapa Magnetométrico do estado de Minas Gerais em escala 1:500.000 realizado pela CPRM. Em destaque amarelo, direção preferencial dos lineamentos NW-SE conhecidos como Azimute 125°, em vermelho, área aproximada do presente estudo (Fonte: <https://geosgb.sgb.gov.br/> , acesso em 08/2023).

### 3.4 Campo Kimberlítico Divinópolis

Campos kimberlíticos são áreas que contêm uma diversidade de intrusões kimberlíticas definidos por apresentarem uma origem genética comum concomitante com proximidade geográfica. No Brasil, os campos de maior expressão são o de Braúna, Canastra e Rondônia. Na região centro-sul de Minas Gerais, o Campo Kimberlítico Divinópolis (CKDV) (Figura 3.5) é compreendido nos limites dos municípios de Lagoa da Prata e Pequi (Neto *et al.* 2017). Mapeadas na região, existem 17 intrusões kimberlíticas, categorizadas em Esperança (1 intrusão), Indaiá (11 intrusões), Junco (2 intrusões) e Maravilha (3 intrusões). As intrusões Indaiá predominam na porção sudoeste, enquanto as intrusões Maravilha estão localizadas próximas a área de estudo, a nordeste, e as duas intrusões Junco estão localizadas na região central do CKDV. Entre as 17 intrusões conhecidas, pelo menos cinco são em forma de tubos vulcânicos (*pipes*) e uma se apresenta no formato de dique (Maravilha-2).



**Figura 3.5** - Mapa Geológico representando o Campo Kimberlítico Divinópolis (modificado de Cabral Neto 2017). Na porção NE podemos reconhecer as estruturas sigmoidais relacionadas ao Lineamento Pitangui. Destacado em vermelho, próximo aos corpos Maravilha-1 e 3, encontra-se a área do estudo.

## CAPÍTULO 4

### RESULTADOS E DISCUSSÃO

---

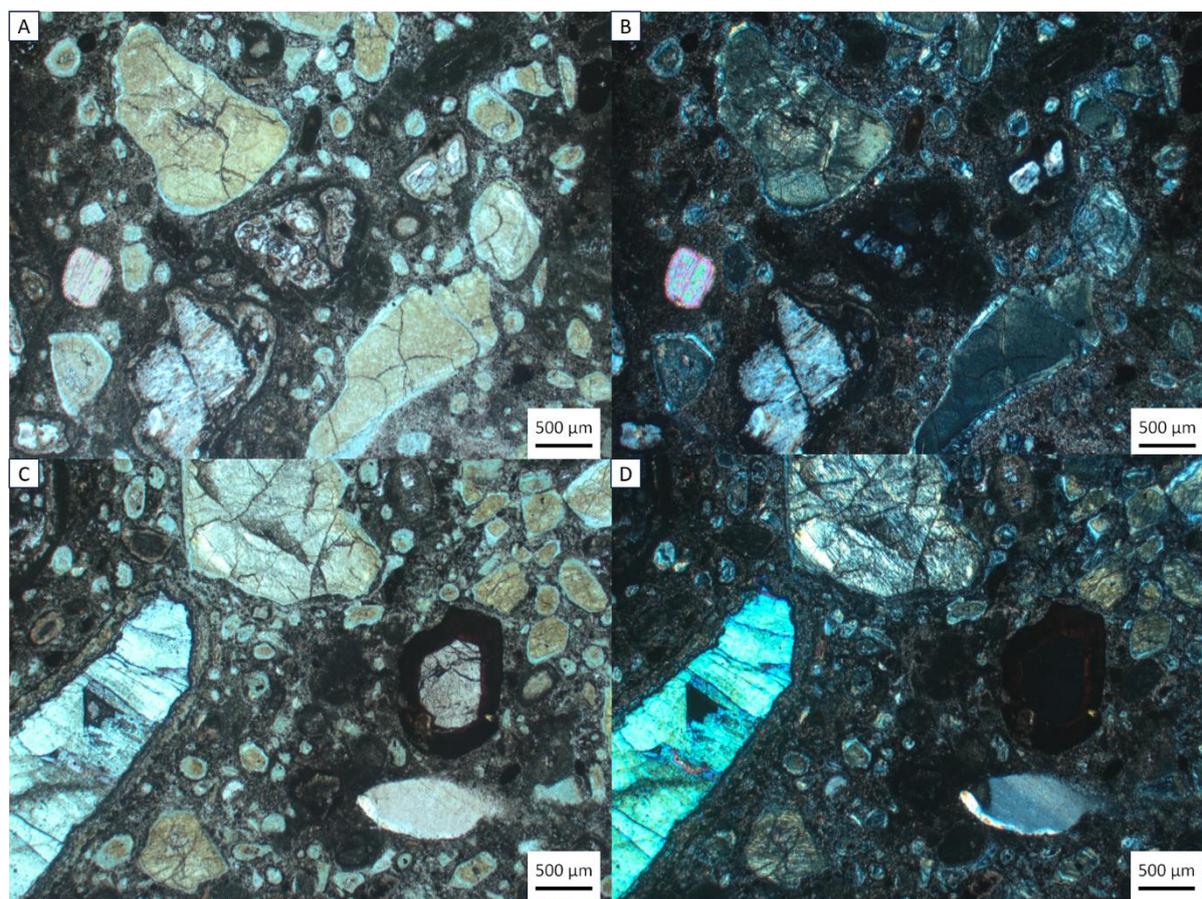
#### 4.1 Descrição Petrográfica Macroscópica

A amostra utilizada neste estudo embora reduzida em tamanho (aproximadamente 10 cm) traz registros que ampliam nossa compreensão sobre as características petrográficas do corpo de que foi obtida. A nível macroscópico, pôde ser classificada como uma rocha ígnea intrusiva, leucocrática, apresentando textura inequigranular porfirítica, com macrocristais de olivina, flogopita e granada que variam de 5 mm a 3 cm imersos em uma matriz primariamente composta por grãos finos de olivina, flogopita e serpentina. Identificam-se também fenocristais de composição similar e agregados de fenocristais com inclusões diversas. A rocha é maciça, sem evidências de foliações. Pelo tamanho reduzido da amostra não foram possíveis interpretações de cunho faciológico em escala macroscópica.

Os cristais de olivina são os mais abundantes, sendo geralmente subédricos a anédricos. Os cristais de clinopiroxênio aparecem em menores quantidades, geralmente na forma de cristais subédricos a anédricos, com coloração verde-pálida. Cristais de flogopita foram identificados apresentando cor marrom e brilho vítreo. A flogopita forma macrocristais subédricos a euédricos, cristais afaníticos na matriz ou em agregados de fenocristais. Carbonatos, principalmente dolomita, e a serpentina aparecem como pequenos veios preenchendo fraturas, indicando processos hidrotermais pós-magmáticos. Minerais acessórios como cromita, ilmenita e magnetita estão presentes em menor quantidade como grãos euédricos a subédricos disseminados pela amostra.

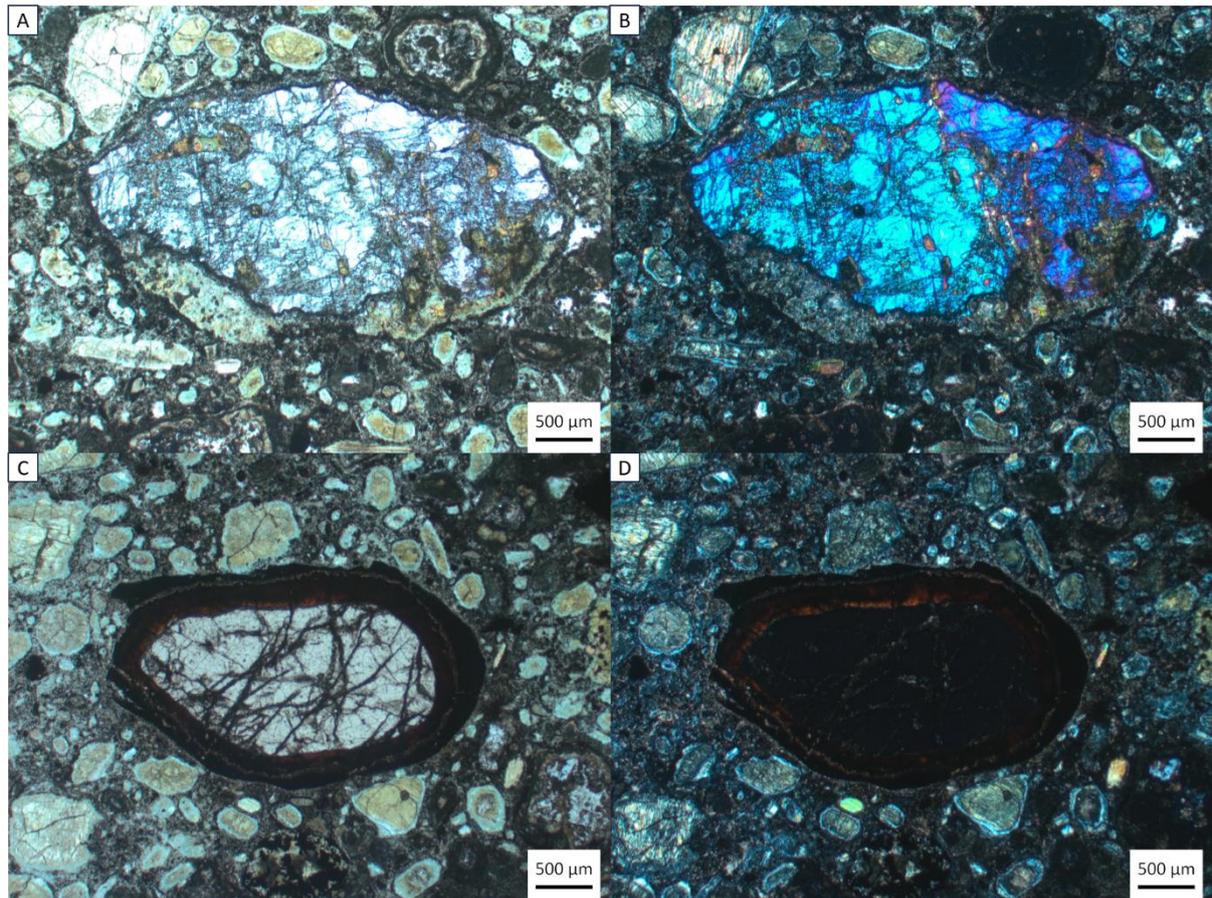
#### 4.2 Descrição Petrográfica Microscópica

As lâminas utilizadas neste estudo (LSC-30A, LSC-30B e LSC-30C) apresentam uma mineralogia essencial composta por forsterita, flogopita e clinopiroxênio. Os cristais foram descritos com base em seu tamanho e sua origem. Quanto ao tamanho, foram classificados em macrocristais (>1 mm) e microcristais (<1 mm), e pela interpretação genética, foram divididos em dois tipos: cristais que cristalizaram a partir do derretimento do kimberlito (fenocristais); e aqueles que são derivados da desagregação de peridotito derivado do manto (xenólitos). De modo geral, as lâminas apresentam uma textura porfirítica, com grandes cristais imersos em uma matriz afanítica (Figura 4.1).



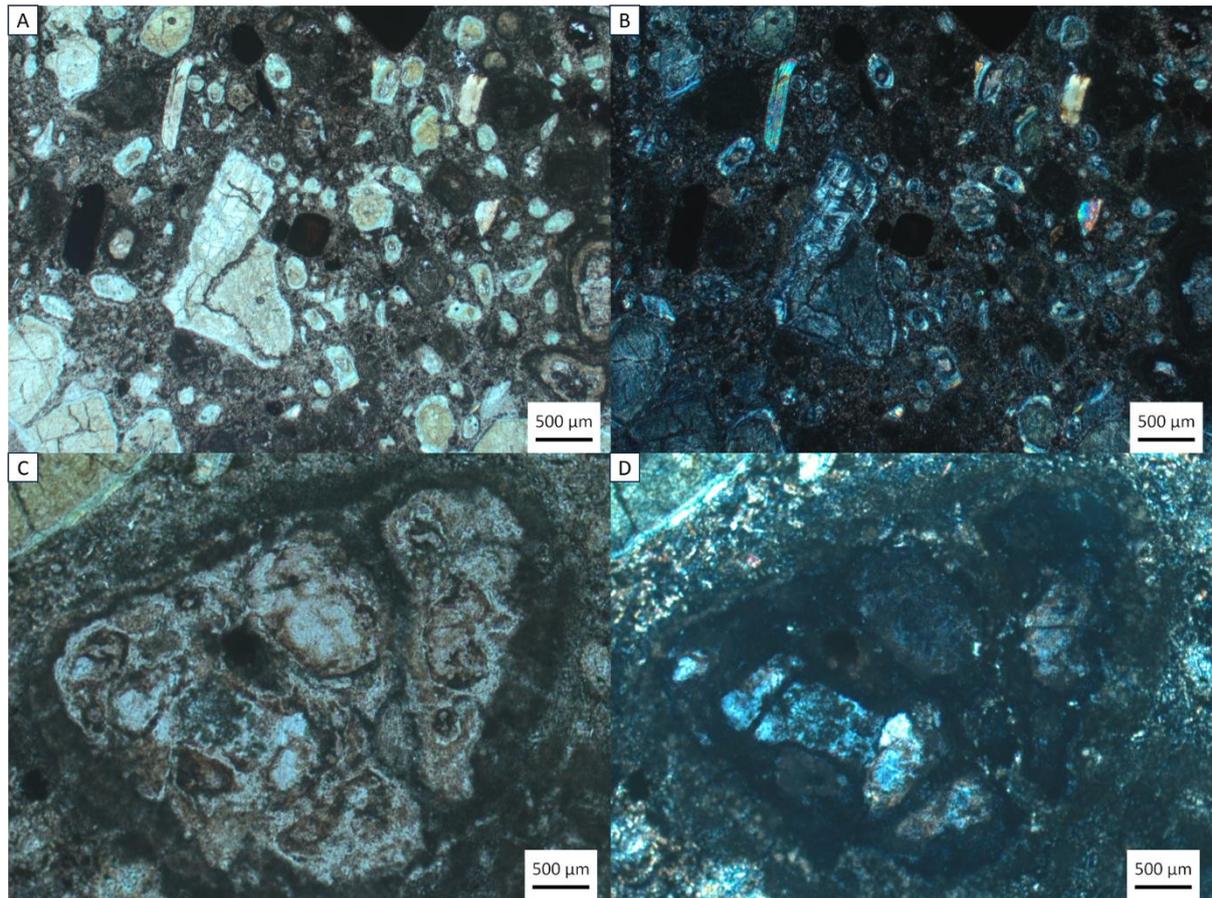
**Figura 4.1** - Fotos das lâminas tiradas em microscópio petrográfico com aumento de 10X. A) Arcabouço mineralógico encontrado na amostra: olivina, mica e clinopiroxênio. No centro, um representante de um xenólito mantélico. B) Imagem em luz polarizada da mesma extensão de A. C) Arcabouço mineralógico evidenciando duas diversidades de olivina, cristais de piroxênio de diferentes tamanhos e textura porfírica. D) Imagem em luz polarizada da mesma extensão de C.

Os cristais de olivina compreendem uma porção significativa dos minerais encontrados (~35%). São incolores com relevo muito forte positivo e de caráter ótico biaxial. Nos cristais mais preservados foi identificado uma birrefringência moderada (~0,040). Foram encontrados tanto como microcristais associados à matriz quanto como macrocristais, comumente arredondados e fraturados. Foram identificados produtos de duas reações diferentes gerando bordas de reação no entorno dos cristis configurando uma textura coronática. O primeiro se trata de uma borda composta de piroxênio e serpentina e, o segundo, uma rocha microcristalina derivada da alteração da olivina denominada iddingsita (Smith *et al.* 1987). Esta é principalmente composta por olivina remanescente, óxidos e hidróxidos de ferro e argilominerais. As bordas possuem espessuras, cores e propriedades óticas diferentes. O processo de alteração da olivina ocorre também diferentemente, isto é evidenciado pelas diferentes cores de interferência apresentadas nesta associação (Figura 4.2). Enquanto os cristais de olivina que apresentam borda de reação composta de serpentina e piroxênio mantêm sua cor de interferência, os demais cristais foram identificados somente extintos.



**Figura 4.2** – Imagens de diferentes cristais de olivina, tiradas em microscópio petrográfico com aumento de 10X. A) Borda de reação de espessura reduzida composta por piroxênio e serpentina. B) Imagem em luz polarizada de A. C) Borda com maior espessura e cor rubra, composta por iddingsita. Em D: Imagem em luz polarizada de D.

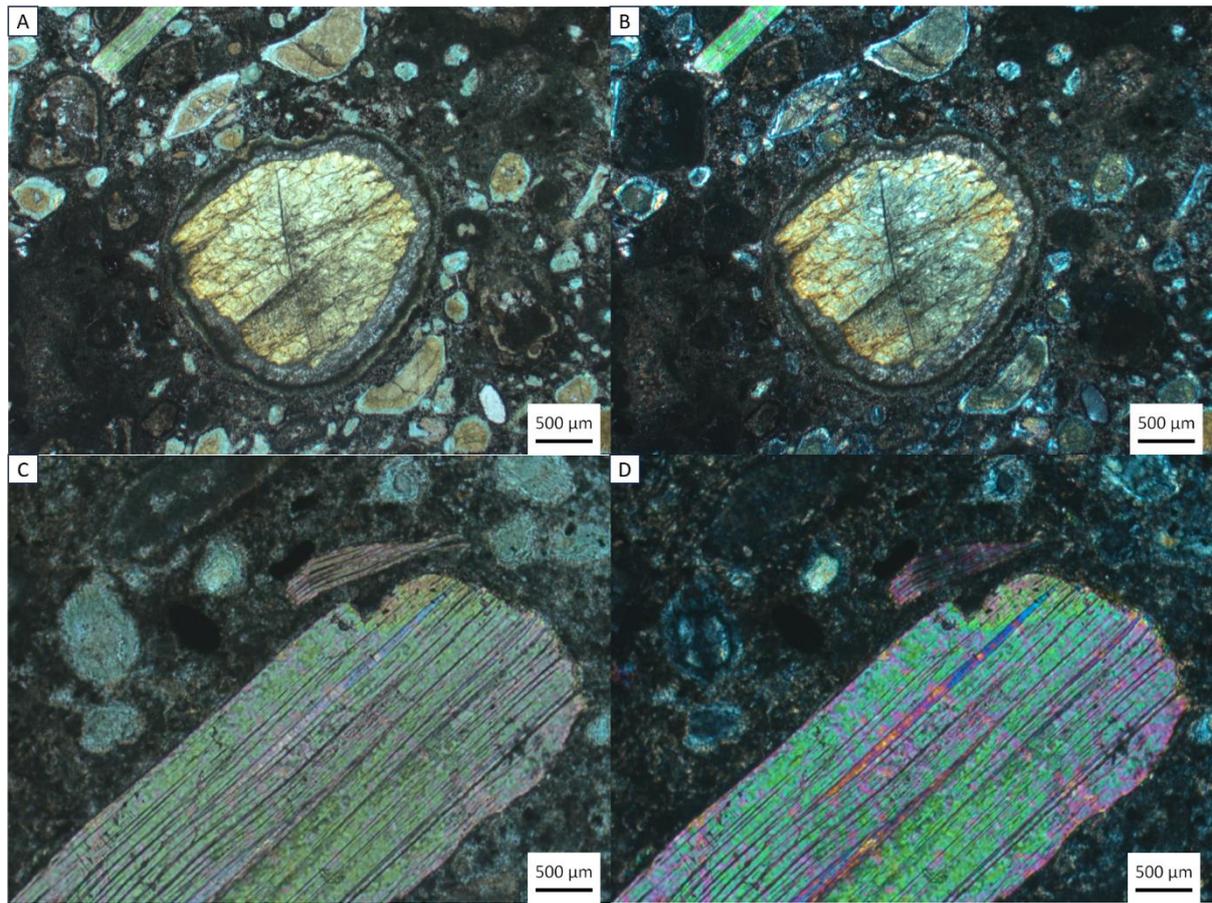
Também se identificaram xenólitos mantélicos pelo alto grau de alteração e inclusões de outros minerais do manto (Figura 4.3). Os xenólitos de olivina são tipicamente anédricos e variam de 0,5 a 10 mm. As inclusões incluem olivina, piroxênios e minerais como cromita, barita, ilmenita e perovskita. Como discutido, esses foram identificados pelo caráter poliminerálico, presença de inclusões, alto nível de alteração e formato cristalino.



**Figura 4.3** - Imagens evidenciando o grau de alteração e caráter poliminerálico de diferentes xenólitos mantélicos. A) Xenólito mantélico serpentizado. B) Cores de interferência e padrões característicos da serpentina. C) Xenólito apresentando borda de reação composta por piroxênio. D) Imagem em luz polarizada de C.

Minerais do grupo das micas compõem outra grande parte da assembleia mineralógica encontrada (~25%). Foram identificados subédricos e comumente alterados quando menores. Os cristais de flogopita se encontram como macrofenocristais e microfenocristais na fase primária, de hábito lamelar, de cor amarelo-acastanhada gradando para verde nas bordas (Figura 4.4). Esse mineral apresenta relevo moderado positivo e caráter ótico biaxial negativo. Foi identificada uma birrefringência média (~0,050) nos cristais menos alterados. Os cristais maiores comumente apresentam kinks no bandamento, consequência da deformação dúctil no manto (Kargin 2019). Já os cristais de biotitas magnesianas (Mg-biotita) foram encontrados exclusivamente como pequenas inclusões de hábito lamelar e cor escura em xenólitos mantélicos.

Os cristais de clinopiroxênio se encontram majoritariamente na fase primária das amostras. Comumente alterados, de cor marrom-pálido com relevo moderado positivo e birrefringência baixa (~0,020). A clivagem em 90° destes minerais aparece como característica notável de identificação (Figura 4.4). Pelo grau de alteração, não foi possível identificar o caráter ótico destes minerais. Na amostra, foi percebida uma alteração nas bordas destes minerais, conferindo uma cor esverdeada.



**Figura 4.4** - Imagens retratando cristais de clinopiroxênio e flogopita. A) Cristal de diopsídio apresentando clivagem em 90° e borda de reação. B) Imagem em luz polarizada de A. C) Cristais de flogopita apresentando bandamento característico. D) Imagem em luz polarizada de C.

Como mineralogia acessória foram identificados perovskita, dolomita, cromita, barita e ilmenita. Esses minerais aparecem principalmente como inclusões em xenólitos mantélicos, mas raramente também como fase primária. Os cristais de perovskita são identificados pelo relevo alto positivo e birrefringência moderada ( $\sim 0,080$ ) bem como reflexões internas marrons. Os cristais de dolomita apresentam relevo baixo positivo e alta birrefringência ( $\sim 0,170$ ), não foram identificadas as clivagens típicas. Os cristais de cromita aparecem exclusivamente como inclusões de relevo moderado positivo em xenólitos mantélicos

Por fim, como mineralogia secundária foi identificado o sobrecrescimento de piroxênio afanítico e serpentina observados principalmente no entorno dos grãos de olivina e piroxênio. Também se identificaram nas bordas de reação da olivina compostas de iddingsita.

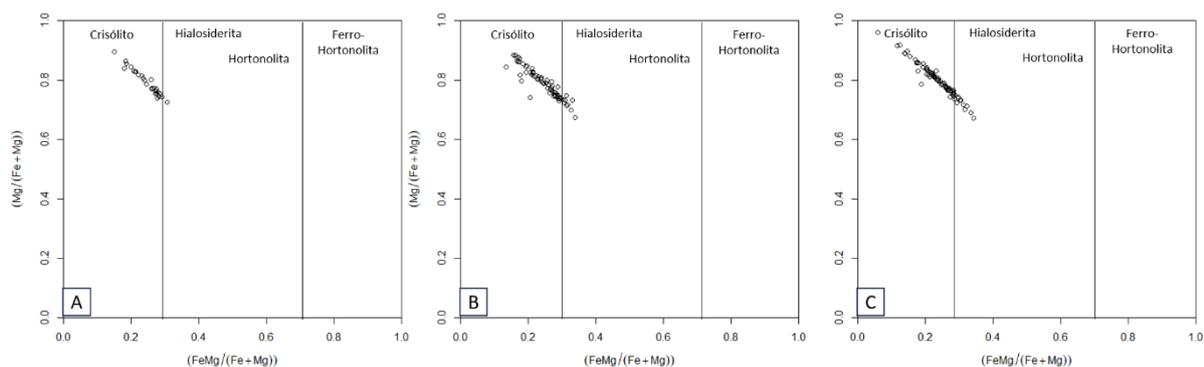
### **4.3 Química Mineral Quantitativa por Microscópio Eletrônico de Varredura com EDS acoplado (MEV/EDS)**

As análises de MEV/EDS foram de suma importância para as identificações e caracterizações mineralógicas nesse estudo. Foram analisados 402 pontos nas três lâminas de modo a abranger toda a assembleia mineralógica presente na amostra. Ao todo, foram identificadas onze fases minerais, sendo estas: forsterita, flogopita, clinopiroxênio, dolomita, perovskita, enstatita, magnetita, cromita, ilmenita e barita. Os dados foram interpretados, condensados e apresentados em forma de tabelas de composição em porcentagem de óxido e cátions presentes. Também foram confeccionados diagramas de composição para classificação de minerais e identificação de demais características composicionais.

#### **4.3.1 Olivina**

Olivina é um grupo de minerais da família dos neossilicatos cujos membros são constituídos por silicatos de magnésio e ferro, com fórmula química ideal  $(\text{Mg,Fe})_2\text{SiO}_4$ , formando uma solução sólida em que a razão Fe/Mg varia entre dois extremos constituídos pela forsterita ( $\text{Mg}_2\text{SiO}_4$ ) e a faialita ( $\text{Fe}_2\text{SiO}_4$ ) (Deer *et al.*, 1992). Em kimberlitos, sua classificação é complexa, sendo que a distinção de fonte desse mineral nem sempre é possível ser realizada (Arndt 2010). Segundo Mitchel (1986, 1995), a forma euédrica é o melhor critério para distinguir fenocristais de xenólitos. Mas, como discutido por Arndt (2010), nem sempre esta distinção pode ser clara.

Para identificação desse mineral utilizou-se as definições de Deer *et al.* (1992) quanto à composição química padrão esperada para cada fase (Figura 4.5). Os dados obtidos acusam uma composição primariamente magnésiana, variando aproximadamente entre 30 a 45% em peso, há ainda a ocupação dos sítios pelo Fe, embora reduzida, de aproximadamente 3 a 20% em peso (Apêndice 1). Nota-se também a presença de elementos traço como Ni e Cr que possuem afinidade por olivinas mais magnesianas (Deer *et al.* 1992). Utilizando esses dados, foi gerado um diagrama de composição contrastando as proporções de Fe e Mg (Apêndice 2). Por meio destes, a quantidade majoritária dos cristais de olivina presentes nas amostras foram identificados como forsterita. Somente em três pontos de análise os cristais foram identificados como monticelita, por apresentar uma grande quantidade de Ca em sua composição em relação a forsterita (aproximadamente 20 %). Esse mineral foi identificado exclusivamente como xenocrsital.

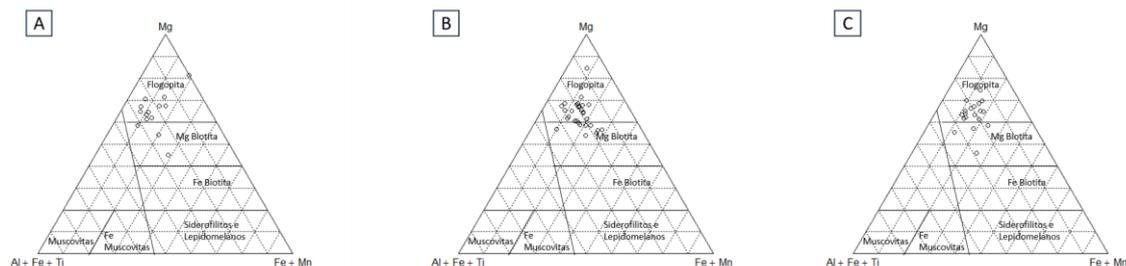


**Figura 4.5** - Composição dos cristais de olivina da amostra classificados quanto às proporções entre os teores de Fe e Mg. A) Composição referente aos minerais da lâmina LSC-30A. B) Composição referente aos minerais da lâmina LSC-30B. C) Composição referente aos minerais da lâmina LSC-30C.

### 4.3.2 Mica

Nas lâminas analisadas foram encontrados dois tipos de micas, a Mg-biotita e a flogopita. A flogopita é um mineral de cor amarela, esverdeada ou castanha avermelhada, classe dos filossilicatos. A flogopita constitui o extremo magnésiano da série da biotita, com fórmula química geral  $X_2Y_4-6Z_8O_{20}(OH,F)_4$ , onde X é primariamente K, Na ou Ca; Y é principalmente Al, Mg ou Fe; e Z é Si ou Al (Deer *et al.*, 1992). Para classificação química, foram utilizados também os critérios de Foster (1960) (Figura 4.6). Em kimberlitos, a flogopita é o resultado direto da interação do magma kimberlítico com a crosta terrestre (Kargin 2019). Sua presença e quantidade em kimberlitos é largamente utilizada como critério de diferenciação entre os grupos I e II (Hawthorne 1975; Clement *et al.* 1984; Biondi 2003; Smith *et al.* 2017).

Fenocristais de flogopita que cristalizaram a partir de magmas kimberlíticos são caracterizados por altas concentrações de Ti (>2%), Ba e Al com baixo teor de Cr (Kargin 2019). Nos resultados obtidos, nota-se a baixa concentração de Ti (abaixo de 1%), em geral, estas correspondem à xenólitos de flogopita primária encontrada em equilíbrio com a assembleia mineral em condições de manto superior. Para caracterização das micas utilizou-se principalmente as altas concentrações de Mg (aproximadamente 23%) em relação à composição da Mg-biotita (aproximadamente 13%), como também as concentrações de Al, Ti e Mn (Apêndice 3-4).

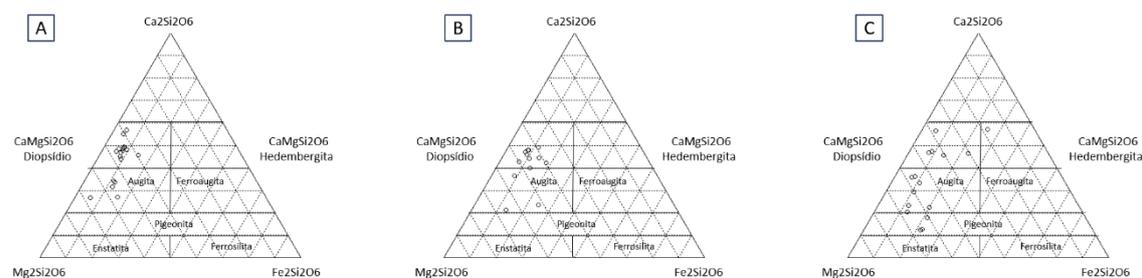


**Figura 4.6** - Composição dos cristais de mica da amostra classificados quanto às proporções entre os teores Al+Fe+Ti, Mg e Fe+Mn. A) Composição referente aos minerais da lâmina LSC-30A. B) Composição referente aos minerais da lâmina LSC-30B. C) Composição referente aos minerais da lâmina LSC-30C.

### 4.3.3 Clinopiroxênio

Os piroxênios são o grupo de inossilicatos constituídos por cadeias simples de tetraedros de sílica. Os minerais mais comuns da família cristalizam-se nos sistemas ortorrômbico e monoclinico e são conhecidos como Ortopiroxênios e Clinopiroxênios, respectivamente. Suas principais espécies são: a série da enstatita-ferrosilita ((Mg,Fe)SiO<sub>3</sub>); a série do diopsídio-hedenbergita (Ca(Mg,Fe)Si<sub>2</sub>O<sub>6</sub>); o grupo dos piroxênios de sódio (Na(Al,Fe<sup>3+</sup>)Si<sub>2</sub>O<sub>6</sub>); e o espodumênio (LiAlSi<sub>2</sub>O<sub>6</sub>).

Nas amostras estudadas, foi realizada análise composicional dos cristais de clinopiroxênio utilizando a proporção elementar de cálcio, ferro e magnésio de acordo com Morimoto (1990) (Figura 4.7). Os resultados apresentam quantidades de Ca que variam de 13 a 42%, de Fe que variam de 0,5 a 14% e de Mg que variam de 0 a 30% (Apêndice 5-6). Pela classificação no diagrama ternário de composição, foi identificada a presença de primariamente diopsídio e augita como fenocristais, com algumas ocorrências de hedenbergitas e enstatitas principalmente como inclusões em xenólitos.



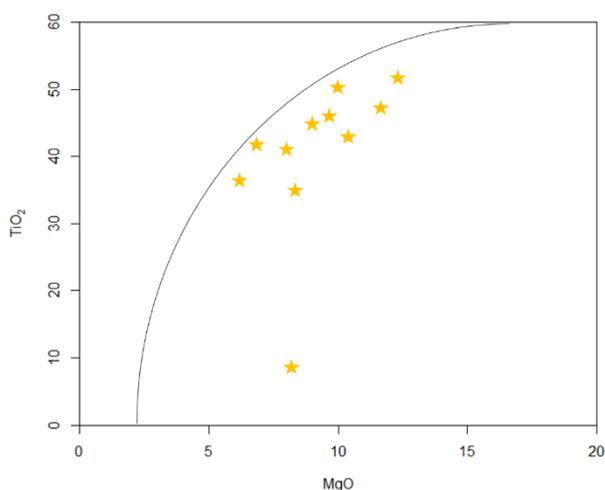
**Figura 4.7** - Composição dos cristais de clinopiroxênio da amostra classificados quanto às proporções entre os teores Mg, Fe e Ca. A) Composição referente aos minerais da lâmina LSC-30A. B) Composição referente aos minerais da lâmina LSC-30B. C) Composição referente aos minerais da lâmina LSC-30C.

#### 4.3.4 Perovskita

A perovskita é um mineral raro de composição geral  $\text{CaTiO}_3$ . As composições observadas neste estudo aproximam-se da fórmula ideal da perovskita por apresentar teores baixos ou não identificáveis de Na. Os teores de Na determinados sugerem a presença (em baixíssimas concentrações) de componentes moleculares como a loparita ( $\text{NaCeTi}_2\text{O}_6$ ) e/ou lueshita ( $\text{Na}_2\text{Nb}_2\text{O}_6$ ). Contudo, tais considerações foram limitadas devido à falta de maiores dados obtidos de Nb e Ce.

#### 4.3.5 Ilmenita

A ilmenita se trata de um óxido de ferro e titânio de fórmula geral  $\text{FeTiO}_3$ . A composição química encontrada pelas análises foi plotada em diagrama de Wyatt (2004) em função do teor de  $\text{TiO}_2$  e  $\text{MgO}$  com o intuito de compará-las com o campo definido para a ilmenita de kimberlitos cratônicos (Figura 4.8). Os dados utilizados na comparação são os de composição química de ilmenita de kimberlitos cratônicos da América do Norte (Schulze 2015). A composição química da ilmenita desta amostra plota-se no campo da ilmenita de kimberlitos cratônicos, apresentando teores de  $\text{MgO}$  entre 7 a 12% e  $\text{TiO}_2$  entre 46 e 52% (Apêndice 7).



**Figura 4.8** – Composição dos cristais de ilmenita de todas as lâminas deste estudo. Na representação, se encontram contidas em uma zona definida por Wyatt (2004) como campo de ilmenitas provindas de kimberlitos cratônicos.

#### **4.3.6 Carbonato**

Foram analisados nove cristais de carbonatos encontrados principalmente associados ao entorno de xenólitos mantélicos. Embora a assembleia mineralógica apresente um enriquecimento em magnésio, os resultados de química mineral mostram que todos os minerais analisados pertencem ao grupo das calcitas ( $\text{CaCO}_3$ ). Um dos pontos analisados evidenciou uma maior quantidade de magnésio em sua estrutura, com aproximadamente 30% de distribuição para dolomita ( $\text{MgCO}_3$ ) (Apêndice 8-9).

## CAPÍTULO 4

### CONCLUSÃO

---

As análises realizadas foram importantes para aumentar o conhecimento sobre a variedade de corpos no Campo Kimberlítico de Divinópolis, uma vez que trabalhos de caracterização petrográfica na região são escassos.

De acordo com definições texturais, identificações da assembleia mineralógica e demais informações levantadas foi confeccionada a nomenclatura e definição final do corpo kimberlítico Pará de Minas. O presente estudo chegou à seguinte classificação: kimberlito vulcanoclástico inequigranular pobre em xenólitos crustais e rico em olivina fina a grossa a e que pode ocorrer como dique, sill ou como um pequeno corpo intrusivo. (*x-poor f-c-olivine rich vulcanoclastic pipe Kimberlite*).

Tal resultado foi obtido classificando-se as características até o Estágio 3b da classificação de Scott Smith (2017). Para melhor refinar a nomenclatura e interpretação de contexto (Estágio 4) e histórico genético da rocha (Estágio 5) é necessário maior investigação da área, por meio de furos de sondagem e mapeamento geológico em escala de detalhe.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

Alkmin F.F., Marshak S. 1998. Transamazonian orogeny in the Southern São Francisco craton region, Minas Gerais, Brazil: evidence for Paleoproterozoic collision and collapse in the Quadrilátero Ferrífero. *Precambrian Research*, **90**:29-58.

Alkmin F.F., Teixeira W. 2017. The paleoproterozoic Mineiro belt and the Quadrilátero Ferrífero. *São Francisco Craton, Eastern Brazil: tectonic genealogy of a miniature continent*, p. 71-94.

Alkmin F.F., Neto M.M.A. 2001. A bacia intracratônica do São Francisco: Arcabouço estrutural e cenários evolutivos, Pinto CP & Martins Neto MA (Eds), *Bacia do São Francisco: Geologia e Recursos Naturais*. Belo Horizonte, Sociedade Brasileira de Geologia, p. 9–30.

Almeida, F.F.M. 1977. O Cráton do São Francisco. *Revista Brasileira de geociências*, **7**:349-364.

Arndt N.T. 2010. Olivine and the origin of kimberlite. *Journal of Petrology*, **51**:573-602.

Barbosa N.S. 2015. *Evolução paleoproterozoica do Cinturão Mineiro: geocronologia U-Pb, isótopos de Nd-Hf-Sr e geoquímica de rochas plutônicas*. Doctoral dissertation, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 210 p.

Benitez, L. 2009. *Províncias diamantíferas de Minas Gerais: uma proposta para a caracterização de populações de diamantes típicas como subsídio à Certificação Kimberley*. Doctoral dissertation, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 254 p.

Biondi J.C. 2003. *Processos metalogenéticos e os depósitos minerais brasileiros*. São Paulo, Oficina de Textos, 552 p.

Chaves M.L.S.C., Andrade K.W., Benitez, L., Brandão P.R.G. 2008. Província diamantífera da Serra da Canastra e o kimberlito Canastra-1: primeira fonte primária de diamantes economicamente viável do país. *Geociências*, **27**:299-317.

Chaves M.L.S. 1997. Geologia e mineralogia do diamante na Serra do Espinhaço, Minas Gerais. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 289 p.

Clement C.R., Skinner E.M.W., Smith B.H.S. 1984. Kimberlite redefined. *The Journal of Geology*: **92**:223-228.

Dedavid B.A., Gomes C.I., Machado G. 2007. Microscopia eletrônica de varredura: aplicações e preparação de amostras: materiais poliméricos, metálicos e semicondutores. Rio Grande do Sul, pontífica Universidade Católica do Rio Grande do Sul, 60 p.

Dawson J.B., Smith J.V. 1977. The MARID (mica-amphibole-rutile-ilmenite-diopside) suite of xenoliths in kimberlite. *Geochimica et cosmochimica acta*, **41**:309-323.

Deer W.A., Howie R.A., Zussman J. 1992. *Minerais constituintes de rochas*. Lisboa, Fundação Calouste Gulbenkian, 727p.

Dorr J.V. 1969. Physiographic, stratigraphic, and structural development of the Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil. *Professional Paper* **641**:117 p.

Duarte L.D.C., Juchem P.L., Pulz G.M., Brum T.M.M.D., Chodur N.L., Liccardo A., Acauan R.B. 2003. Aplicações de microscopia eletrônica de varredura (MEV) e sistema de energia dispersiva (EDS) no estudo de gemas exemplos brasileiros. *Pesquisas em Geociências*, **30**:3-15.

Endo I., Delgado C.E.R., Oliveira M.M.F., Zapparoli A.C., Carlos D. U.; Galbiatti H. F.; Castro P.T.A.; Suita M.T.F., Barbosa M.S.C., Lana C.E., Moura L.G.B. 2019. *Estratigrafia e Arcabouço Estrutural do Quadrilátero Ferrífero: Nota Explicativa do Mapa Geológico do Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brasil. Escala 1:150.000*. Universidade Federal de Ouro Preto

Foster M.D. 1960. Interpretation of the composition of trioctahedral micas. *USGS Numbered Series* **354**:11-49.

Hawthorne J.B 1975. Model of a kimberlite pipe. *Physics and Chemistry of the Earth*: **9**:1-15.

Jerram, D., Petford N. 2014. *Descrição de Rochas Ígneas: Guia Geológico de Campo*. Bookman Editora, 280 p.

Kargin A.V., Sazonova L.V., Nosova A.A., Lebedeva N.M., Kostitsyn Y.A., Kovalchuk E.V., Tikhomirova Y.S. 2019. Phlogopite in mantle xenoliths and kimberlite from the Grib pipe, Arkhangelsk province, Russia: Evidence for multi-stage mantle metasomatism and origin of phlogopite in kimberlite. *Geoscience Frontiers*, **10**:1941-1959.

Lewis H.C. 1887. IV—On a Diamantiferous Peridotite and the Genesis of the Diamond. *Geological Magazine*, **4**:22-24.

Morimoto N., Atencio D., Garda G.M. 1990. Nomenclatura de piroxênios. *Revista Brasileira de Geociências*, **20**:318-28.

Mitchell R.H., Giuliani A., O'Brien H. 2019. What is a Kimberlite? Petrology and Mineralogy of Hypabyssal Kimberlites. *Elements*, **15**:381–386.

Neto I.C., Nannini, F., Silveira F.V., Cunha L.M. 2017. Áreas kimberlíticas e diamantíferas do estado de Minas Gerais e regiões adjacentes. *Projeto Diamante Brasil, Série Pedras Preciosas*, **10**:165-168.

Noce C.M., Zucchetti M., Baltazar O.F., Armstrong R., Dantas E.L., Renger F.E., Lobato L.M. 2005. Age of felsic volcanism and the role of ancient continental crust in the evolution of the Neoproterozoic Rio das Velhas greenstone belt (Quadrilátero Ferrífero, Brazil): U–Pb zircon dating of volcanoclastic graywackes. *Precambrian Research*, **141**:67–82.

Pedrosa-Soares A.C., Voll E., Kuchenbecker M., Costa R.D., Knauer L.G., Chaves M.L.S.C., Romano A.W., Uhlein A., Seer H.J., Moraes L.C., Caxito F.A., Melo A.T., Uhlein G.J., Simões L.S.A., Leite M.M., Fantinel L.M., Campello M.S., Fragoso D.G.C., Reis H.L.S., Martins M.S., Dias P.H.A. 2015. *Síntese do mapeamento geológico sobre a Bacia Bambuí*. Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 18 p.

Provenzano C.A.S. 2016. *Caracterização petrográfica, química mineral e petrogênese do kimberlito Alfeu I, Canguçu, RS e uma revisão conceitual do magmatismo e rochas kimberlíticas*. Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 219 p.

Reboita M.S. 2015. Aspectos climáticos do estado de Minas Gerais. *Revista Brasileira de Climatologia*, **17**:206-226.

Rocha L.G.M., Corrêa R.T., Silva A.B.D., Matos D.R. 2021. Investigação magnetométrica do lineamento Azimute 125°. *Informe de Geofísica Aplicada* **3**: 32 p.

Rocha L.G.M. 2014. *Caracterização magnética da porção central do lineamento azimuth 125°*. Instituto de Geociências, Universidade Federal de Brasília, Brasília, 181 p.

Romano A.W., Pedrosa Soares A.C. 2007. *Geologia da folha Pará de Minas, escala 1:100.000 SE. 23-ZC-IV. Texto explicativo*. Brasília, Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais, 72 p.

Romano R., Lana C., Alkmim F.F., Stevens G.S., Armstrong R. 2013. Stabilization of the southern portion of the São Francisco Craton, SE Brazil, through a long-lived period of potassic magmatism. *Precambrian Research* **224**:143–159.

Scott Smith B.H. 2017. Kimberlite terminology and classification. *Special Issue of the Journal of the Geological Society of India*, **2**:1-17

Smith K. L., Milnes A. R., Eggleton R. A. 1987. Weathering of basalt: formation of iddingsite. *Clays and Clay Minerals*, **35**:418-428.

Soares M.B., Neto A.V.C, Zeh A., Cabral A.R., Pereira L.F., Prado M.G.B. 2017. Geology of the Pitangui greenstone belt, Minas Gerais, Brazil: Stratigraphy, geochronology and BIF geochemistry. *Precambrian Research*, **291**:17–41,

Stripp G.R. 2006. Post-emplacement serpentinization and related hydrothermal metamorphism in a kimberlite from Venetia, South Africa. *Journal of Metamorphic Geology*, **24**:515-534.

Skinner E.M.W. 1986. Contrasting Group 1 and Group 2 kimberlite petrology: towards a genetic model for kimberlites. *International Kimberlite Conference: Extended Abstracts*, p. 202-204.

Sparks R.S.J. 2013. Kimberlite volcanism. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences* **41**:497-528.

Teixeira W., Oliveira E. P., Marques L.S. 2017. Nature and evolution of the Archean crust of the São Francisco Craton. *São Francisco Craton, Eastern Brazil: tectonic genealogy of a miniature continent*, p. 29-56.

Teixeira W., Ávila C.A., Dussin I.A., Neto A.C., Bongioiolo E.M., Santos J.O., Barbosa N.S. 2015. A juvenile accretion episode (2.35–2.32 Ga) in the Mineiro belt and its role to the Minas accretionary orogeny: Zircon U–Pb–Hf and geochemical evidences. *Precambrian Research*, **256**:148-169.



## APÊNDICES

**Apêndice 1** - Tabelas de composição (% em peso) de óxidos dos cristais de olivina analisados das lâminas LSC-30A, LSC-30B e LSC-30C

| Lâmina | Campo | Ponto | No. O2 | SiO2  | TiO2 | Al2O3 | Fe2O3 | P2O5 | MnO2 | MgO   | CaO  | Cr2O3 | Na2O | K2O  | NiO  | BrO2 | BaO | SrO | Cl | F | Nome         |
|--------|-------|-------|--------|-------|------|-------|-------|------|------|-------|------|-------|------|------|------|------|-----|-----|----|---|--------------|
| 30A    | 1     | 1     | 4      | 49.48 | 0    | 0.57  | 17.59 | 0    | 0.27 | 31.27 | 0.73 | 0     | 0    | 0.1  | 0    | 0    | 0   | 0   | 0  | 0 | Forsterita   |
| 30A    | 1     | 5     | 4      | 43.35 | 0    | 8.19  | 13.77 | 0    | 0    | 33.19 | 0.78 | 0     | 0    | 0.12 | 0.6  | 0    | 0   | 0   | 0  | 0 | Forsterita   |
| 30A    | 1     | 9     | 4      | 49.41 | 0    | 4.45  | 6.45  | 0    | 0    | 39.68 | 0    | 0     | 0    | 0    | 0    | 0    | 0   | 0   | 0  | 0 | Forsterita   |
| 30A    | 1     | 15    | 4      | 51.66 | 0    | 0     | 14.52 | 0    | 0    | 32.72 | 1.1  | 0     | 0    | 0    | 0    | 0    | 0   | 0   | 0  | 0 | Forsterita   |
| 30A    | 1     | 16    | 4      | 54.52 | 0    | 2.54  | 6.99  | 0    | 0    | 19.25 | 16.7 | 0     | 0    | 0    | 0    | 0    | 0   | 0   | 0  | 0 | Monticellita |
| 30A    | 1     | 17    | 4      | 47.55 | 0    | 0     | 14.98 | 0    | 0    | 31.89 | 0.56 | 0     | 0    | 0.19 | 0.36 | 0    | 0   | 0   | 0  | 0 | Forsterita   |
| 30A    | 1     | 18    | 4      | 47.38 | 0    | 0.62  | 13.48 | 0    | 0.23 | 36.97 | 1.32 | 0     | 0    | 0    | 0    | 0    | 0   | 0   | 0  | 0 | Forsterita   |
| 30A    | 1     | 19    | 4      | 43.92 | 0    | 8.4   | 12.13 | 0    | 0    | 34.46 | 0.6  | 0     | 0    | 0    | 0.49 | 0    | 0   | 0   | 0  | 0 | Forsterita   |
| 30A    | 1     | 20    | 4      | 42.77 | 0    | 7.51  | 17.92 | 0    | 0    | 30.58 | 0.63 | 0     | 0    | 0.1  | 0.49 | 0    | 0   | 0   | 0  | 0 | Forsterita   |
| 30A    | 1     | 22    | 4      | 45.75 | 0    | 5.03  | 11.85 | 0    | 0    | 35.25 | 1.26 | 0     | 0    | 0    | 0.86 | 0    | 0   | 0   | 0  | 0 | Forsterita   |
| 30A    | 1     | 23    | 4      | 44.6  | 0    | 8.03  | 13.66 | 0    | 0    | 33.71 | 0    | 0     | 0    | 0    | 0    | 0    | 0   | 0   | 0  | 0 | Forsterita   |
| 30A    | 1     | 24    | 4      | 51.82 | 0    | 0     | 13.3  | 0    | 0    | 34.88 | 0    | 0     | 0    | 0    | 0    | 0    | 0   | 0   | 0  | 0 | Forsterita   |
| 30A    | 1     | 26    | 4      | 50.56 | 0    | 1.68  | 13.33 | 0    | 0    | 33.19 | 0.61 | 0     | 0    | 0.13 | 0.5  | 0    | 0   | 0   | 0  | 0 | Forsterita   |
| 30A    | 1     | 29    | 4      | 51.79 | 0    | 1.19  | 13.18 | 0    | 0    | 32.83 | 0.49 | 0     | 0    | 0.13 | 0.39 | 0    | 0   | 0   | 0  | 0 | Forsterita   |
| 30A    | 1     | 30    | 4      | 41.86 | 0    | 8.04  | 19.05 | 0    | 0    | 30.38 | 0.54 | 0     | 0    | 0.14 | 0    | 0    | 0   | 0   | 0  | 0 | Forsterita   |
| 30A    | 1     | 31    | 4      | 42.29 | 0    | 6.94  | 19.68 | 0    | 0    | 30.16 | 0.49 | 0     | 0    | 0.1  | 0.32 | 0    | 0   | 0   | 0  | 0 | Forsterita   |
| 30A    | 1     | 32    | 4      | 39.25 | 0    | 11.89 | 18.34 | 0    | 0.2  | 28.89 | 0.47 | 0     | 0    | 0.64 | 0.32 | 0    | 0   | 0   | 0  | 0 | Forsterita   |
| 30A    | 1     | 33    | 4      | 41.6  | 0    | 8.9   | 16.87 | 0    | 0    | 31.95 | 0.31 | 0     | 0    | 0.37 | 0    | 0    | 0   | 0   | 0  | 0 | Forsterita   |
| 30A    | 1     | 36    | 4      | 42.27 | 0    | 8.97  | 14.3  | 0    | 0    | 33.23 | 0.36 | 0     | 0    | 0.59 | 0.29 | 0    | 0   | 0   | 0  | 0 | Forsterita   |

| Lâmina | Campo | Ponto | No. O2 | SiO2  | TiO2 | Al2O3 | Fe2O3 | SO2  | MnO2 | MgO   | CaO  | Na2O | Cr2O3 | K2O  | Cl2O3 | NiO  | BrO2 | SrO | BaO  | F | Nome       |
|--------|-------|-------|--------|-------|------|-------|-------|------|------|-------|------|------|-------|------|-------|------|------|-----|------|---|------------|
| 30A    | 2     | 1     | 4      | 45.94 | 0    | 7.25  | 10.03 | 0.28 | 0    | 34.73 | 0.88 | 0    | 0     | 0    | 0     | 0.88 | 0    | 0   | 0    | 0 | Forsterita |
| 30A    | 2     | 2     | 4      | 42.73 | 0    | 7.31  | 17.79 | 0    | 0    | 31.43 | 0.62 | 0    | 0     | 0.11 | 0     | 0    | 0    | 0   | 0    | 0 | Forsterita |
| 30A    | 2     | 3     | 4      | 47.01 | 0    | 2.56  | 18.42 | 0    | 0    | 30.79 | 0.76 | 0    | 0     | 0.13 | 0     | 0.32 | 0    | 0   | 0    | 0 | Forsterita |
| 30A    | 2     | 4     | 4      | 39.93 | 0    | 9.65  | 18.86 | 0    | 0    | 30.58 | 0.29 | 0    | 0     | 0.39 | 0     | 0.3  | 0    | 0   | 0    | 0 | Forsterita |
| 30A    | 2     | 6     | 4      | 49.3  | 0.44 | 2.96  | 3.13  | 0    | 0    | 41.6  | 0.27 | 0    | 0     | 2.29 | 0     | 0    | 0    | 0   | 0    | 0 | Forsterita |
| 30A    | 2     | 7     | 4      | 41.63 | 0    | 6.86  | 21.32 | 0    | 0    | 29.48 | 0.44 | 0    | 0     | 0    | 0     | 0.27 | 0    | 0   | 0    | 0 | Forsterita |
| 30A    | 2     | 8     | 4      | 45.61 | 0    | 0     | 16.58 | 0    | 0    | 30.3  | 0.69 | 0    | 0     | 0.11 | 0     | 0.32 | 0    | 0   | 0    | 0 | Forsterita |
| 30A    | 2     | 9     | 4      | 43.64 | 0    | 8.73  | 13.57 | 0    | 0.22 | 32.56 | 0.49 | 0    | 0     | 0.8  | 0     | 0    | 0    | 0   | 0    | 0 | Forsterita |
| 30A    | 2     | 11    | 4      | 49.26 | 0.32 | 0.89  | 16.13 | 0    | 0    | 31.35 | 2.04 | 0    | 0     | 0    | 0     | 0    | 0    | 0   | 0    | 0 | Forsterita |
| 30A    | 2     | 12    | 4      | 49.03 | 0.38 | 0.99  | 16.3  | 0    | 0    | 31.4  | 1.9  | 0    | 0     | 0    | 0     | 0    | 0    | 0   | 0    | 0 | Forsterita |
| 30A    | 2     | 15    | 4      | 50.4  | 0    | 0.9   | 12.09 | 0.98 | 0    | 33.24 | 0.7  | 0    | 0     | 0.1  | 0     | 0.71 | 0    | 0   | 0.86 | 0 | Forsterita |
| 30A    | 2     | 16    | 4      | 53.28 | 0    | 0.49  | 10.19 | 0.32 | 0    | 34.45 | 1.27 | 0    | 0     | 0    | 0     | 0    | 0    | 0   | 0    | 0 | Forsterita |
| 30A    | 2     | 18    | 4      | 40.61 | 0    | 7.55  | 22.52 | 0    | 0.16 | 28.21 | 0.57 | 0    | 0     | 0.12 | 0     | 0.26 | 0    | 0   | 0    | 0 | Forsterita |
| 30A    | 2     | 19    | 4      | 49.91 | 0    | 0.88  | 16.75 | 0    | 0    | 31.21 | 1.09 | 0    | 0     | 0.15 | 0     | 0    | 0    | 0   | 0    | 0 | Forsterita |
| 30A    | 2     | 20    | 4      | 50.73 | 0    | 0.7   | 13.14 | 0.28 | 0    | 33.86 | 0.71 | 0    | 0     | 0    | 0     | 0.58 | 0    | 0   | 0    | 0 | Forsterita |
| 30A    | 2     | 21    | 4      | 44.87 | 0    | 7.1   | 12.75 | 0    | 0    | 33.85 | 0.78 | 0    | 0     | 0    | 0     | 0.65 | 0    | 0   | 0    | 0 | Forsterita |
| 30A    | 2     | 22    | 4      | 41.57 | 0    | 7.92  | 19.53 | 0    | 0    | 29.89 | 0.63 | 0    | 0     | 0.12 | 0     | 0.34 | 0    | 0   | 0    | 0 | Forsterita |
| 30A    | 2     | 23    | 4      | 43.47 | 0.22 | 8.61  | 12.11 | 0    | 0.3  | 30.36 | 0.8  | 0    | 0     | 4.13 | 0     | 0    | 0    | 0   | 0    | 0 | Forsterita |
| 30A    | 2     | 24    | 4      | 49.05 | 0.37 | 0.94  | 16.2  | 0    | 0    | 31.09 | 2.26 | 0    | 0     | 0.11 | 0     | 0    | 0    | 0   | 0    | 0 | Forsterita |
| 30A    | 2     | 26    | 4      | 42.06 | 0    | 10.61 | 14.34 | 0    | 0    | 31.86 | 0.78 | 0    | 0     | 0.35 | 0     | 0    | 0    | 0   | 0    | 0 | Forsterita |
| 30A    | 2     | 27    | 4      | 50.35 | 0    | 0     | 16.61 | 0    | 0.16 | 30.96 | 0.81 | 0    | 0.15  | 0.17 | 0     | 0    | 0    | 0   | 0    | 0 | Forsterita |
| 30A    | 2     | 28    | 4      | 41.01 | 0    | 9.51  | 17.19 | 0    | 0.16 | 31.26 | 0.38 | 0    | 0     | 0.3  | 0     | 0.19 | 0    | 0   | 0    | 0 | Forsterita |
| 30A    | 2     | 29    | 4      | 48.11 | 0    | 1.9   | 16.94 | 0    | 0.22 | 31.59 | 0.7  | 0    | 0     | 0    | 0     | 0.53 | 0    | 0   | 0    | 0 | Forsterita |
| 30A    | 2     | 31    | 4      | 46.75 | 0    | 6.03  | 11.84 | 0    | 0.2  | 30.24 | 1.49 | 0    | 0     | 3.46 | 0     | 0    | 0    | 0   | 0    | 0 | Forsterita |
| 30A    | 2     | 34    | 4      | 49.57 | 0    | 0.79  | 13.36 | 0.68 | 0    | 32.54 | 2.01 | 0    | 0     | 0    | 0     | 1.06 | 0    | 0   | 0    | 0 | Forsterita |
| 30A    | 2     | 35    | 4      | 47.25 | 0    | 5.84  | 11.26 | 0    | 0    | 34.21 | 0.81 | 0    | 0     | 0.08 | 0     | 0.56 | 0    | 0   | 0    | 0 | Forsterita |
| 30A    | 2     | 36    | 4      | 43.56 | 0    | 11.42 | 9.99  | 0    | 0.18 | 27.28 | 0.4  | 0    | 0     | 7.19 | 0     | 0    | 0    | 0   | 0    | 0 | Forsterita |
| 30A    | 2     | 37    | 4      | 46.1  | 0    | 5.4   | 16.33 | 0    | 0    | 31.06 | 0.56 | 0    | 0     | 0.15 | 0     | 0.39 | 0    | 0   | 0    | 0 | Forsterita |
| 30A    | 2     | 38    | 4      | 50.85 | 0.23 | 0     | 13.73 | 0.4  | 0.18 | 31.79 | 0.79 | 0    | 0     | 0.33 | 0     | 0.64 | 0    | 0   | 0    | 0 | Forsterita |



















|     |   |    |   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |       |       |      |
|-----|---|----|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|------|
| 30A | 1 | 33 | 4 | 1.04 | 0.00 | 0.26 | 0.00 | 0.35 | 0.00 | 1.19 | 0.00 | 0.01 | 2.84 | 77.15 | 22.85 | 0.00 |
| 30A | 1 | 36 | 4 | 1.04 | 0.00 | 0.26 | 0.00 | 0.30 | 0.00 | 1.22 | 0.01 | 0.01 | 2.84 | 80.56 | 19.44 | 0.00 |

| Lâmina | Campo | Ponto | No. O2 | Si   | Ti   | Al   | Cr   | Fe(ii) | Mn   | Mg   | Ni   | Ca   | Total | Fo    | Fa    | Tp   |
|--------|-------|-------|--------|------|------|------|------|--------|------|------|------|------|-------|-------|-------|------|
| 30A    | 2     | 1     | 4      | 1.07 | 0.00 | 0.22 | 0.00 | 0.37   | 0.00 | 1.17 | 0.00 | 0.02 | 2.84  | 75.90 | 24.10 | 0.00 |
| 30A    | 2     | 2     | 4      | 1.17 | 0.00 | 0.08 | 0.00 | 0.38   | 0.00 | 1.15 | 0.01 | 0.02 | 2.81  | 74.88 | 25.12 | 0.00 |
| 30A    | 2     | 3     | 4      | 1.01 | 0.00 | 0.29 | 0.00 | 0.40   | 0.00 | 1.15 | 0.01 | 0.01 | 2.86  | 74.30 | 25.70 | 0.00 |
| 30A    | 2     | 4     | 4      | 1.17 | 0.01 | 0.08 | 0.00 | 0.06   | 0.00 | 1.47 | 0.00 | 0.01 | 2.79  | 95.95 | 4.05  | 0.00 |
| 30A    | 2     | 6     | 4      | 1.06 | 0.00 | 0.21 | 0.00 | 0.45   | 0.00 | 1.12 | 0.01 | 0.01 | 2.85  | 71.14 | 28.86 | 0.00 |
| 30A    | 2     | 7     | 4      | 1.21 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.37   | 0.00 | 1.20 | 0.01 | 0.02 | 2.81  | 76.52 | 23.48 | 0.00 |
| 30A    | 2     | 8     | 4      | 1.07 | 0.00 | 0.25 | 0.00 | 0.28   | 0.00 | 1.19 | 0.00 | 0.01 | 2.81  | 80.80 | 18.89 | 0.31 |
| 30A    | 2     | 9     | 4      | 1.23 | 0.01 | 0.03 | 0.00 | 0.34   | 0.00 | 1.16 | 0.00 | 0.05 | 2.81  | 77.60 | 22.40 | 0.00 |
| 30A    | 2     | 11    | 4      | 1.22 | 0.01 | 0.03 | 0.00 | 0.34   | 0.00 | 1.16 | 0.00 | 0.05 | 2.81  | 77.45 | 22.55 | 0.00 |
| 30A    | 2     | 12    | 4      | 1.24 | 0.00 | 0.03 | 0.00 | 0.25   | 0.00 | 1.22 | 0.01 | 0.02 | 2.77  | 83.06 | 16.94 | 0.00 |
| 30A    | 2     | 15    | 4      | 1.27 | 0.00 | 0.01 | 0.00 | 0.20   | 0.00 | 1.23 | 0.00 | 0.03 | 2.75  | 85.77 | 14.23 | 0.00 |
| 30A    | 2     | 16    | 4      | 1.04 | 0.00 | 0.23 | 0.00 | 0.48   | 0.00 | 1.08 | 0.01 | 0.02 | 2.86  | 68.92 | 30.86 | 0.22 |
| 30A    | 2     | 18    | 4      | 1.23 | 0.00 | 0.03 | 0.00 | 0.35   | 0.00 | 1.15 | 0.00 | 0.03 | 2.78  | 76.86 | 23.14 | 0.00 |
| 30A    | 2     | 19    | 4      | 1.23 | 0.00 | 0.02 | 0.00 | 0.27   | 0.00 | 1.23 | 0.01 | 0.02 | 2.78  | 82.12 | 17.88 | 0.00 |
| 30A    | 2     | 20    | 4      | 1.09 | 0.00 | 0.20 | 0.00 | 0.26   | 0.00 | 1.23 | 0.01 | 0.02 | 2.82  | 82.56 | 17.44 | 0.00 |
| 30A    | 2     | 21    | 4      | 1.05 | 0.00 | 0.24 | 0.00 | 0.41   | 0.00 | 1.13 | 0.01 | 0.02 | 2.85  | 73.18 | 26.82 | 0.00 |
| 30A    | 2     | 22    | 4      | 1.10 | 0.00 | 0.26 | 0.00 | 0.26   | 0.01 | 1.14 | 0.00 | 0.02 | 2.79  | 81.34 | 18.20 | 0.46 |
| 30A    | 2     | 23    | 4      | 1.22 | 0.01 | 0.03 | 0.00 | 0.34   | 0.00 | 1.16 | 0.00 | 0.06 | 2.82  | 77.38 | 22.62 | 0.00 |
| 30A    | 2     | 24    | 4      | 1.04 | 0.00 | 0.31 | 0.00 | 0.30   | 0.00 | 1.17 | 0.00 | 0.02 | 2.83  | 79.84 | 20.16 | 0.00 |
| 30A    | 2     | 26    | 4      | 1.25 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.34   | 0.00 | 1.15 | 0.00 | 0.02 | 2.77  | 76.70 | 23.08 | 0.23 |
| 30A    | 2     | 27    | 4      | 1.02 | 0.00 | 0.28 | 0.00 | 0.36   | 0.00 | 1.16 | 0.00 | 0.01 | 2.85  | 76.26 | 23.52 | 0.22 |

| Lâmina | Campo | Ponto | No. O2 | Si   | Ti   | Al   | Cr   | Fe(ii) | Mn   | Mg   | Ni   | Ca   | Total | Fo    | Fa    | Tp   |
|--------|-------|-------|--------|------|------|------|------|--------|------|------|------|------|-------|-------|-------|------|
| 30A    | 3     | 1     | 4      | 1.00 | 0.00 | 0.33 | 0.00 | 0.38   | 0.00 | 1.11 | 0.01 | 0.02 | 2.85  | 74.49 | 25.51 | 0.00 |
| 30A    | 3     | 2     | 4      | 1.23 | 0.00 | 0.02 | 0.00 | 0.33   | 0.00 | 1.16 | 0.00 | 0.02 | 2.77  | 77.71 | 22.03 | 0.26 |
| 30A    | 3     | 3     | 4      | 1.23 | 0.00 | 0.02 | 0.00 | 0.33   | 0.00 | 1.18 | 0.01 | 0.04 | 2.80  | 77.91 | 21.86 | 0.24 |
| 30A    | 3     | 4     | 4      | 1.23 | 0.00 | 0.03 | 0.00 | 0.30   | 0.00 | 1.19 | 0.00 | 0.04 | 2.80  | 79.45 | 20.27 | 0.28 |
| 30A    | 3     | 6     | 4      | 1.01 | 0.00 | 0.28 | 0.00 | 0.36   | 0.00 | 1.17 | 0.00 | 0.01 | 2.85  | 76.14 | 23.67 | 0.19 |
| 30A    | 3     | 7     | 4      | 1.17 | 0.00 | 0.05 | 0.00 | 0.16   | 0.00 | 1.42 | 0.00 | 0.01 | 2.82  | 89.46 | 10.29 | 0.25 |
| 30A    | 3     | 8     | 4      | 1.01 | 0.00 | 0.35 | 0.00 | 0.31   | 0.00 | 1.14 | 0.01 | 0.01 | 2.83  | 78.24 | 21.59 | 0.17 |
| 30A    | 3     | 9     | 4      | 1.01 | 0.00 | 0.33 | 0.00 | 0.31   | 0.00 | 1.16 | 0.01 | 0.02 | 2.84  | 78.80 | 21.20 | 0.00 |
| 30A    | 3     | 10    | 4      | 1.05 | 0.00 | 0.23 | 0.00 | 0.51   | 0.00 | 1.05 | 0.00 | 0.02 | 2.85  | 67.28 | 32.72 | 0.00 |
| 30A    | 3     | 11    | 4      | 1.06 | 0.00 | 0.22 | 0.00 | 0.44   | 0.00 | 1.10 | 0.00 | 0.01 | 2.84  | 71.71 | 28.29 | 0.00 |
| 30A    | 3     | 12    | 4      | 1.08 | 0.00 | 0.25 | 0.00 | 0.29   | 0.00 | 1.16 | 0.00 | 0.02 | 2.82  | 79.62 | 20.07 | 0.31 |
| 30A    | 3     | 13    | 4      | 0.98 | 0.00 | 0.39 | 0.00 | 0.40   | 0.00 | 1.06 | 0.00 | 0.02 | 2.85  | 72.40 | 27.60 | 0.00 |
| 30A    | 3     | 29    | 4      | 1.24 | 0.00 | 0.03 | 0.00 | 0.30   | 0.00 | 1.18 | 0.01 | 0.02 | 2.77  | 79.76 | 20.24 | 0.00 |
| 30A    | 3     | 30    | 4      | 1.06 | 0.00 | 0.23 | 0.00 | 0.35   | 0.00 | 1.17 | 0.00 | 0.02 | 2.84  | 76.81 | 22.97 | 0.22 |
| 30A    | 3     | 31    | 4      | 1.29 | 0.01 | 0.00 | 0.00 | 0.26   | 0.01 | 1.12 | 0.00 | 0.02 | 2.71  | 80.61 | 18.92 | 0.46 |
| 30A    | 3     | 34    | 4      | 1.05 | 0.00 | 0.27 | 0.00 | 0.24   | 0.00 | 1.23 | 0.00 | 0.01 | 2.82  | 83.29 | 16.39 | 0.32 |
| 30A    | 3     | 40    | 4      | 1.24 | 0.00 | 0.03 | 0.00 | 0.35   | 0.01 | 1.13 | 0.00 | 0.03 | 2.77  | 76.12 | 23.54 | 0.34 |

| Lâmina | Campo | Ponto | No. O2 | Si   | Ti   | Al   | Cr   | Fe(ii) | Mn   | Mg   | Ni   | Ca   | Total | Fo    | Fa    | Tp   |
|--------|-------|-------|--------|------|------|------|------|--------|------|------|------|------|-------|-------|-------|------|
| 30A    | 4     | 1     | 4      | 1.19 | 0.00 | 0.07 | 0.00 | 0.32   | 0.00 | 1.19 | 0.01 | 0.04 | 2.82  | 78.70 | 21.04 | 0.26 |
| 30A    | 4     | 2     | 4      | 1.06 | 0.00 | 0.25 | 0.00 | 0.24   | 0.00 | 1.25 | 0.00 | 0.00 | 2.81  | 83.77 | 16.23 | 0.00 |
| 30A    | 4     | 3     | 4      | 1.09 | 0.00 | 0.24 | 0.00 | 0.23   | 0.00 | 1.23 | 0.01 | 0.03 | 2.82  | 84.37 | 15.63 | 0.00 |
| 30A    | 4     | 8     | 4      | 1.11 | 0.03 | 0.16 | 0.00 | 0.19   | 0.00 | 1.29 | 0.00 | 0.14 | 2.93  | 86.94 | 13.06 | 0.00 |
| 30A    | 4     | 10    | 4      | 1.27 | 0.00 | 0.02 | 0.00 | 0.16   | 0.00 | 1.27 | 0.00 | 0.03 | 2.75  | 88.79 | 10.92 | 0.29 |
| 30A    | 4     | 11    | 4      | 1.17 | 0.00 | 0.02 | 0.00 | 0.13   | 0.00 | 1.49 | 0.00 | 0.01 | 2.83  | 91.50 | 8.26  | 0.23 |
| 30A    | 4     | 19    | 4      | 1.00 | 0.00 | 0.32 | 0.00 | 0.45   | 0.00 | 1.06 | 0.00 | 0.02 | 2.85  | 69.93 | 29.78 | 0.29 |
| 30A    | 4     | 20    | 4      | 1.14 | 0.00 | 0.17 | 0.00 | 0.20   | 0.00 | 1.26 | 0.01 | 0.06 | 2.84  | 86.04 | 13.96 | 0.00 |
| 30A    | 4     | 22    | 4      | 1.10 | 0.00 | 0.22 | 0.01 | 0.21   | 0.00 | 1.25 | 0.00 | 0.02 | 2.80  | 85.64 | 14.36 | 0.00 |

|     |   |    |   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |       |       |      |
|-----|---|----|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|------|
| 30A | 4 | 23 | 4 | 1.09 | 0.00 | 0.15 | 0.00 | 0.23 | 0.00 | 1.35 | 0.00 | 0.02 | 2.84 | 85.40 | 14.34 | 0.26 |
| 30A | 4 | 24 | 4 | 1.29 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.16 | 0.01 | 1.25 | 0.00 | 0.03 | 2.74 | 88.53 | 11.08 | 0.39 |
| 30A | 4 | 29 | 4 | 1.24 | 0.00 | 0.03 | 0.00 | 0.18 | 0.01 | 1.29 | 0.00 | 0.06 | 2.80 | 87.73 | 11.91 | 0.36 |
| 30A | 4 | 31 | 4 | 1.24 | 0.00 | 0.03 | 0.00 | 0.18 | 0.01 | 1.29 | 0.00 | 0.06 | 2.80 | 87.73 | 11.91 | 0.36 |
| 30A | 4 | 32 | 4 | 1.24 | 0.00 | 0.03 | 0.00 | 0.18 | 0.01 | 1.29 | 0.00 | 0.06 | 2.80 | 87.73 | 11.91 | 0.36 |

| Lâmina | Campo | to | No. O2 | Si  | Ti  | Al  | Cr  | Fe(ii) | Mn  | Mg  | Ni  | Ca  | Total | Fo    | Fa    | Tp   |
|--------|-------|----|--------|-----|-----|-----|-----|--------|-----|-----|-----|-----|-------|-------|-------|------|
| 30B    | 1     | 1  | 4      | 1.0 | 0.0 | 0.3 | 0.0 | 0.4    | 0.0 | 1.1 | 0.0 | 0.0 | 2.8   | 74.88 | 25.12 | 0.00 |
| 30B    | 1     | 2  | 4      | 1.1 | 0.0 | 0.2 | 0.0 | 0.3    | 0.0 | 1.2 | 0.0 | 0.0 | 2.8   | 82.77 | 17.23 | 0.00 |
| 30B    | 1     | 3  | 4      | 1.2 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.3    | 0.0 | 1.2 | 0.0 | 0.0 | 2.8   | 81.02 | 18.77 | 0.21 |
| 30B    | 1     | 4  | 4      | 1.1 | 0.0 | 0.2 | 0.0 | 0.4    | 0.0 | 1.1 | 0.0 | 0.0 | 2.8   | 74.40 | 25.60 | 0.00 |
| 30B    | 1     | 6  | 4      | 1.3 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.3    | 0.0 | 1.2 | 0.0 | 0.0 | 2.8   | 81.59 | 18.41 | 0.00 |
| 30B    | 1     | 7  | 4      | 1.0 | 0.0 | 0.3 | 0.0 | 0.4    | 0.0 | 1.1 | 0.0 | 0.0 | 2.8   | 74.73 | 25.27 | 0.00 |
| 30B    | 1     | 14 | 4      | 1.2 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.4    | 0.0 | 1.2 | 0.0 | 0.0 | 2.8   | 74.82 | 25.18 | 0.00 |
| 30B    | 1     | 15 | 4      | 1.0 | 0.0 | 0.3 | 0.0 | 0.4    | 0.0 | 1.2 | 0.0 | 0.0 | 2.8   | 76.42 | 23.58 | 0.00 |
| 30B    | 1     | 16 | 4      | 1.0 | 0.0 | 0.4 | 0.0 | 0.3    | 0.0 | 1.2 | 0.0 | 0.0 | 2.8   | 78.82 | 21.18 | 0.00 |
| 30B    | 1     | 17 | 4      | 1.2 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.3    | 0.0 | 1.2 | 0.0 | 0.0 | 2.8   | 79.93 | 19.85 | 0.22 |
| 30B    | 1     | 20 | 4      | 1.1 | 0.0 | 0.2 | 0.0 | 0.3    | 0.0 | 1.2 | 0.0 | 0.0 | 2.8   | 80.71 | 19.29 | 0.00 |
| 30B    | 1     | 21 | 4      | 1.2 | 0.0 | 0.2 | 0.0 | 0.3    | 0.0 | 0.8 | 0.0 | 0.0 | 2.6   | 73.61 | 25.58 | 0.80 |
| 30B    | 1     | 34 | 4      | 1.1 | 0.0 | 0.2 | 0.0 | 0.2    | 0.0 | 1.4 | 0.0 | 0.0 | 2.8   | 87.74 | 12.26 | 0.00 |
| 30B    | 1     | 35 | 4      | 1.1 | 0.0 | 0.2 | 0.0 | 0.3    | 0.0 | 1.2 | 0.0 | 0.0 | 2.8   | 82.32 | 17.44 | 0.24 |
| 30B    | 1     | 37 | 4      | 1.1 | 0.0 | 0.2 | 0.0 | 0.3    | 0.0 | 1.2 | 0.0 | 0.0 | 2.8   | 82.30 | 17.70 | 0.00 |
| 30B    | 1     | 38 | 4      | 1.0 | 0.0 | 0.3 | 0.0 | 0.4    | 0.0 | 1.1 | 0.0 | 0.0 | 2.8   | 74.22 | 25.78 | 0.00 |
| 30B    | 1     | 40 | 4      | 1.2 | 0.0 | 0.3 | 0.0 | 0.2    | 0.0 | 0.9 | 0.0 | 0.0 | 2.6   | 79.28 | 20.10 | 0.63 |
| 30B    | 1     | 41 | 4      | 1.2 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.3    | 0.0 | 1.3 | 0.0 | 0.0 | 2.8   | 83.97 | 16.03 | 0.00 |
| 30B    | 1     | 43 | 4      | 1.1 | 0.0 | 0.1 | 0.0 | 0.2    | 0.0 | 1.4 | 0.0 | 0.0 | 2.8   | 88.47 | 11.53 | 0.00 |

| Lâmina | Campo | Ponto | No. O2 | Si   | Ti   | Al   | Cr   | Fe(ii) | Mn   | Mg   | Ni   | Ca   | Total | Fo    | Fa    | Tp   |
|--------|-------|-------|--------|------|------|------|------|--------|------|------|------|------|-------|-------|-------|------|
| 30B    | 2     | 1     | 4      | 1.23 | 0.00 | 0.02 | 0.00 | 0.22   | 0.00 | 1.27 | 0.01 | 0.01 | 2.77  | 85.53 | 14.47 | 0.00 |
| 30B    | 2     | 2     | 4      | 1.02 | 0.00 | 0.31 | 0.00 | 0.40   | 0.00 | 1.10 | 0.00 | 0.01 | 2.84  | 73.57 | 26.43 | 0.00 |
| 30B    | 2     | 3     | 4      | 1.09 | 0.08 | 0.02 | 0.02 | 0.32   | 0.00 | 1.28 | 0.00 | 0.01 | 2.82  | 79.99 | 20.01 | 0.00 |
| 30B    | 2     | 4     | 4      | 1.14 | 0.00 | 0.19 | 0.00 | 0.35   | 0.00 | 1.08 | 0.00 | 0.00 | 2.76  | 75.58 | 24.42 | 0.00 |
| 30B    | 2     | 6     | 4      | 1.28 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.25   | 0.00 | 1.18 | 0.00 | 0.00 | 2.72  | 82.65 | 17.35 | 0.00 |
| 30B    | 2     | 7     | 4      | 1.04 | 0.00 | 0.29 | 0.00 | 0.37   | 0.00 | 1.11 | 0.00 | 0.00 | 2.81  | 74.98 | 25.02 | 0.00 |
| 30B    | 2     | 14    | 4      | 1.04 | 0.00 | 0.29 | 0.00 | 0.37   | 0.00 | 1.11 | 0.00 | 0.00 | 2.81  | 74.98 | 25.02 | 0.00 |
| 30B    | 2     | 15    | 4      | 1.12 | 0.00 | 0.16 | 0.00 | 0.23   | 0.00 | 1.29 | 0.00 | 0.00 | 2.80  | 84.83 | 15.17 | 0.00 |
| 30B    | 2     | 16    | 4      | 1.16 | 0.00 | 0.08 | 0.00 | 0.20   | 0.00 | 1.36 | 0.00 | 0.00 | 2.80  | 87.25 | 12.75 | 0.00 |
| 30B    | 2     | 17    | 4      | 1.08 | 0.00 | 0.21 | 0.00 | 0.43   | 0.00 | 1.11 | 0.00 | 0.00 | 2.82  | 72.22 | 27.78 | 0.00 |
| 30B    | 2     | 20    | 4      | 1.28 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.27   | 0.00 | 1.17 | 0.00 | 0.00 | 2.72  | 81.31 | 18.69 | 0.00 |
| 30B    | 2     | 21    | 4      | 1.18 | 0.00 | 0.05 | 0.00 | 0.42   | 0.00 | 1.15 | 0.00 | 0.02 | 2.82  | 73.25 | 26.75 | 0.00 |
| 30B    | 2     | 34    | 4      | 1.29 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.19   | 0.00 | 1.22 | 0.00 | 0.00 | 2.71  | 86.41 | 13.59 | 0.00 |
| 30B    | 2     | 35    | 4      | 1.08 | 0.00 | 0.23 | 0.00 | 0.35   | 0.00 | 1.14 | 0.00 | 0.00 | 2.80  | 76.54 | 23.46 | 0.00 |
| 30B    | 2     | 37    | 4      | 1.16 | 0.00 | 0.17 | 0.00 | 0.20   | 0.00 | 1.23 | 0.00 | 0.00 | 2.75  | 86.13 | 13.87 | 0.00 |
| 30B    | 2     | 38    | 4      | 1.13 | 0.00 | 0.22 | 0.00 | 0.26   | 0.00 | 1.16 | 0.00 | 0.00 | 2.76  | 81.88 | 18.12 | 0.00 |
| 30B    | 2     | 40    | 4      | 1.06 | 0.00 | 0.24 | 0.00 | 0.40   | 0.00 | 1.12 | 0.00 | 0.01 | 2.83  | 73.92 | 26.08 | 0.00 |
| 30B    | 2     | 41    | 4      | 1.23 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.30   | 0.00 | 1.25 | 0.00 | 0.00 | 2.77  | 80.82 | 19.18 | 0.00 |
| 30B    | 2     | 43    | 4      | 1.15 | 0.00 | 0.19 | 0.00 | 0.26   | 0.00 | 1.15 | 0.00 | 0.03 | 2.78  | 81.62 | 18.38 | 0.00 |

| Lâmina | Campo | Ponto | No. O2 | Si   | Ti   | Al   | Cr   | Fe(ii) | Mn   | Mg   | Ni   | Ca   | Total | Fo    | Fa    | Tp   |
|--------|-------|-------|--------|------|------|------|------|--------|------|------|------|------|-------|-------|-------|------|
| 30B    | 3     | 2     | 4      | 1.05 | 0.00 | 0.25 | 0.00 | 0.40   | 0.00 | 1.12 | 0.00 | 0.02 | 2.84  | 73.80 | 26.20 | 0.00 |
| 30B    | 3     | 3     | 4      | 1.10 | 0.00 | 0.19 | 0.00 | 0.29   | 0.00 | 1.22 | 0.01 | 0.02 | 2.83  | 80.65 | 19.35 | 0.00 |
| 30B    | 3     | 7     | 4      | 1.12 | 0.00 | 0.19 | 0.00 | 0.30   | 0.00 | 1.17 | 0.00 | 0.03 | 2.81  | 79.54 | 20.46 | 0.00 |
| 30B    | 3     | 8     | 4      | 1.05 | 0.00 | 0.29 | 0.00 | 0.37   | 0.00 | 1.10 | 0.00 | 0.02 | 2.83  | 74.57 | 25.18 | 0.26 |
| 30B    | 3     | 9     | 4      | 1.07 | 0.08 | 0.42 | 0.01 | 0.16   | 0.00 | 0.87 | 0.00 | 0.00 | 2.62  | 84.47 | 15.53 | 0.00 |
| 30B    | 3     | 13    | 4      | 1.22 | 0.00 | 0.02 | 0.00 | 0.44   | 0.00 | 1.10 | 0.00 | 0.02 | 2.80  | 71.51 | 28.49 | 0.00 |
| 30B    | 3     | 14    | 4      | 1.17 | 0.00 | 0.09 | 0.00 | 0.33   | 0.00 | 1.20 | 0.00 | 0.02 | 2.81  | 78.38 | 21.62 | 0.00 |
| 30B    | 3     | 15    | 4      | 1.05 | 0.00 | 0.23 | 0.00 | 0.47   | 0.01 | 1.09 | 0.00 | 0.01 | 2.85  | 69.71 | 29.93 | 0.36 |
| 30B    | 3     | 16    | 4      | 1.10 | 0.00 | 0.21 | 0.00 | 0.34   | 0.00 | 1.14 | 0.00 | 0.02 | 2.81  | 76.92 | 23.08 | 0.00 |
| 30B    | 3     | 17    | 4      | 1.11 | 0.00 | 0.39 | 0.00 | 0.21   | 0.01 | 0.96 | 0.00 | 0.00 | 2.69  | 80.82 | 18.09 | 1.09 |
| 30B    | 3     | 19    | 4      | 1.20 | 0.00 | 0.17 | 0.00 | 0.23   | 0.00 | 1.10 | 0.00 | 0.00 | 2.71  | 82.54 | 17.46 | 0.00 |
| 30B    | 3     | 20    | 4      | 1.18 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.34   | 0.00 | 1.31 | 0.00 | 0.00 | 2.82  | 79.43 | 20.57 | 0.00 |
| 30B    | 3     | 22    | 4      | 1.00 | 0.00 | 0.22 | 0.00 | 0.45   | 0.00 | 1.23 | 0.00 | 0.00 | 2.89  | 73.20 | 26.80 | 0.00 |

| Lâmina | Campo | Ponto | No. O2 | Si   | Ti   | Al   | Cr   | Fe(ii) | Mn   | Mg   | Ni   | Ca   | Total | Fo    | Fa    | Tp   |
|--------|-------|-------|--------|------|------|------|------|--------|------|------|------|------|-------|-------|-------|------|
| 30B    | 4     | 1     | 4      | 1.07 | 0.00 | 0.23 | 0.00 | 0.39   | 0.00 | 1.13 | 0.00 | 0.01 | 2.83  | 74.22 | 25.50 | 0.28 |
| 30B    | 4     | 2     | 4      | 1.24 | 0.00 | 0.03 | 0.00 | 0.23   | 0.00 | 1.24 | 0.01 | 0.02 | 2.76  | 84.35 | 15.65 | 0.00 |
| 30B    | 4     | 9     | 4      | 1.24 | 0.00 | 0.04 | 0.00 | 0.33   | 0.00 | 1.13 | 0.00 | 0.02 | 2.76  | 76.94 | 22.76 | 0.30 |
| 30B    | 4     | 10    | 4      | 1.06 | 0.00 | 0.23 | 0.00 | 0.50   | 0.00 | 1.04 | 0.00 | 0.02 | 2.85  | 67.19 | 32.53 | 0.28 |
| 30B    | 4     | 11    | 4      | 1.17 | 0.00 | 0.09 | 0.00 | 0.37   | 0.00 | 1.16 | 0.00 | 0.03 | 2.82  | 75.66 | 24.12 | 0.22 |
| 30B    | 4     | 13    | 4      | 1.03 | 0.00 | 0.29 | 0.00 | 0.36   | 0.00 | 1.13 | 0.00 | 0.02 | 2.84  | 75.60 | 24.11 | 0.28 |
| 30B    | 4     | 14    | 4      | 1.26 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.31   | 0.00 | 1.17 | 0.00 | 0.03 | 2.76  | 79.09 | 20.91 | 0.00 |
| 30B    | 4     | 18    | 4      | 1.01 | 0.00 | 0.30 | 0.00 | 0.41   | 0.00 | 1.13 | 0.00 | 0.00 | 2.85  | 73.38 | 26.62 | 0.00 |

|     |   |    |   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |       |       |      |
|-----|---|----|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|------|
| 30B | 4 | 19 | 4 | 1.07 | 0.00 | 0.22 | 0.00 | 0.38 | 0.00 | 1.15 | 0.00 | 0.03 | 2.85 | 74.98 | 24.75 | 0.26 |
| 30B | 4 | 23 | 4 | 1.04 | 0.00 | 0.24 | 0.00 | 0.44 | 0.00 | 1.11 | 0.00 | 0.00 | 2.84 | 71.57 | 28.43 | 0.00 |
| 30B | 4 | 25 | 4 | 1.14 | 0.00 | 0.13 | 0.00 | 0.32 | 0.00 | 1.21 | 0.00 | 0.01 | 2.81 | 79.14 | 20.86 | 0.00 |
| 30B | 4 | 27 | 4 | 1.05 | 0.00 | 0.24 | 0.00 | 0.40 | 0.00 | 1.14 | 0.00 | 0.01 | 2.85 | 73.92 | 26.08 | 0.00 |
| 30B | 4 | 28 | 4 | 1.14 | 0.00 | 0.17 | 0.00 | 0.20 | 0.00 | 1.26 | 0.00 | 0.02 | 2.79 | 86.21 | 13.79 | 0.00 |
| 30B | 4 | 29 | 4 | 1.18 | 0.00 | 0.07 | 0.00 | 0.40 | 0.00 | 1.14 | 0.00 | 0.02 | 2.81 | 74.12 | 25.88 | 0.00 |
| 30B | 4 | 35 | 4 | 1.05 | 0.00 | 0.25 | 0.00 | 0.34 | 0.00 | 1.19 | 0.00 | 0.00 | 2.83 | 77.54 | 22.46 | 0.00 |
| 30B | 4 | 38 | 4 | 1.08 | 0.00 | 0.21 | 0.00 | 0.18 | 0.00 | 1.35 | 0.00 | 0.00 | 2.81 | 88.35 | 11.65 | 0.00 |
| 30B | 4 | 40 | 4 | 1.13 | 0.00 | 0.17 | 0.00 | 0.34 | 0.00 | 1.16 | 0.00 | 0.00 | 2.79 | 77.02 | 22.98 | 0.00 |
| 30B | 4 | 41 | 4 | 1.11 | 0.00 | 0.23 | 0.00 | 0.28 | 0.00 | 1.15 | 0.00 | 0.00 | 2.77 | 80.25 | 19.75 | 0.00 |
| 30B | 4 | 42 | 4 | 1.18 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.37 | 0.00 | 1.28 | 0.00 | 0.00 | 2.82 | 77.62 | 22.38 | 0.00 |
| 30B | 4 | 43 | 4 | 1.14 | 0.00 | 0.09 | 0.00 | 0.18 | 0.00 | 1.40 | 0.00 | 0.00 | 2.82 | 77.62 | 22.38 | 0.00 |
| 30B | 4 | 45 | 4 | 1.02 | 0.00 | 0.32 | 0.00 | 0.40 | 0.00 | 1.08 | 0.00 | 0.00 | 2.82 | 73.11 | 26.89 | 0.00 |
| 30B | 4 | 46 | 4 | 1.01 | 0.00 | 0.34 | 0.00 | 0.38 | 0.00 | 1.10 | 0.00 | 0.00 | 2.82 | 74.50 | 25.50 | 0.00 |
| 30B | 4 | 47 | 4 | 1.00 | 0.00 | 0.28 | 0.00 | 0.35 | 0.00 | 1.22 | 0.00 | 0.00 | 2.86 | 77.81 | 22.19 | 0.00 |
| 30B | 4 | 48 | 4 | 0.97 | 0.00 | 0.41 | 0.00 | 0.37 | 0.00 | 1.08 | 0.00 | 0.00 | 2.83 | 74.46 | 25.54 | 0.00 |
| 30B | 4 | 50 | 4 | 1.15 | 0.00 | 0.13 | 0.00 | 0.19 | 0.00 | 1.31 | 0.00 | 0.00 | 2.78 | 87.30 | 12.70 | 0.00 |

| Lâmina | Campo | Ponto | No. O2 | Si   | Ti   | Al   | Cr   | Fe(ii) | Mn   | Mg   | Ni   | Ca   | Total | Fo    | Fa    | Tp   |
|--------|-------|-------|--------|------|------|------|------|--------|------|------|------|------|-------|-------|-------|------|
| 30C    | 1     | 1     | 4      | 0.99 | 0.00 | 0.35 | 0.00 | 0.38   | 0.00 | 1.11 | 0.00 | 0.01 | 2.84  | 74.34 | 25.66 | 0.00 |
| 30C    | 1     | 2     | 4      | 1.03 | 0.00 | 0.29 | 0.00 | 0.36   | 0.00 | 1.15 | 0.00 | 0.01 | 2.84  | 76.32 | 23.68 | 0.00 |
| 30C    | 1     | 3     | 4      | 1.26 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.27   | 0.00 | 1.21 | 0.00 | 0.02 | 2.76  | 81.67 | 18.33 | 0.00 |
| 30C    | 1     | 5     | 4      | 1.24 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.22   | 0.00 | 1.29 | 0.01 | 0.02 | 2.77  | 85.52 | 14.48 | 0.00 |
| 30C    | 1     | 6     | 4      | 1.24 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.24   | 0.00 | 1.28 | 0.01 | 0.02 | 2.78  | 84.47 | 15.53 | 0.00 |
| 30C    | 1     | 7     | 4      | 1.04 | 0.00 | 0.27 | 0.00 | 0.39   | 0.00 | 1.14 | 0.00 | 0.01 | 2.84  | 74.41 | 25.59 | 0.00 |
| 30C    | 1     | 8     | 4      | 1.23 | 0.00 | 0.02 | 0.00 | 0.26   | 0.00 | 1.25 | 0.00 | 0.05 | 2.81  | 82.84 | 17.16 | 0.00 |
| 30C    | 1     | 16    | 4      | 1.07 | 0.00 | 0.24 | 0.00 | 0.25   | 0.00 | 1.22 | 0.01 | 0.02 | 2.82  | 82.79 | 17.21 | 0.00 |
| 30C    | 1     | 18    | 4      | 1.10 | 0.00 | 0.16 | 0.00 | 0.21   | 0.00 | 1.35 | 0.00 | 0.01 | 2.83  | 86.48 | 13.52 | 0.00 |
| 30C    | 1     | 22    | 4      | 0.99 | 0.00 | 0.36 | 0.00 | 0.36   | 0.00 | 1.10 | 0.01 | 0.01 | 2.84  | 75.48 | 24.52 | 0.00 |

| Lâmina | Campo | Ponto | No. O2 | Si   | Ti   | Al   | Cr   | Fe(ii) | Mn   | Mg   | Ni   | Ca   | Total | Fo    | Fa    | Tp   |
|--------|-------|-------|--------|------|------|------|------|--------|------|------|------|------|-------|-------|-------|------|
| 30C    | 2     | 2     | 4      | 1.23 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.28   | 0.00 | 1.25 | 0.01 | 0.06 | 2.83  | 81.43 | 18.57 | 0.00 |
| 30C    | 2     | 3     | 4      | 1.06 | 0.00 | 0.29 | 0.00 | 0.31   | 0.00 | 1.15 | 0.00 | 0.02 | 2.82  | 78.54 | 21.46 | 0.00 |
| 30C    | 2     | 4     | 4      | 1.25 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.29   | 0.00 | 1.21 | 0.00 | 0.02 | 2.78  | 80.55 | 19.45 | 0.00 |
| 30C    | 2     | 10    | 4      | 1.23 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.36   | 0.00 | 1.19 | 0.00 | 0.02 | 2.79  | 76.91 | 23.09 | 0.00 |
| 30C    | 2     | 11    | 4      | 1.26 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.34   | 0.00 | 1.14 | 0.00 | 0.02 | 2.76  | 77.16 | 22.84 | 0.00 |
| 30C    | 2     | 12    | 4      | 1.16 | 0.00 | 0.09 | 0.00 | 0.37   | 0.00 | 1.16 | 0.00 | 0.01 | 2.80  | 75.99 | 24.01 | 0.00 |
| 30C    | 2     | 15    | 4      | 0.98 | 0.00 | 0.40 | 0.00 | 0.37   | 0.00 | 1.06 | 0.00 | 0.01 | 2.83  | 73.95 | 26.05 | 0.00 |
| 30C    | 2     | 16    | 4      | 1.24 | 0.00 | 0.03 | 0.00 | 0.25   | 0.00 | 1.21 | 0.01 | 0.01 | 2.76  | 82.95 | 17.05 | 0.00 |
| 30C    | 2     | 18    | 4      | 1.18 | 0.00 | 0.07 | 0.00 | 0.38   | 0.00 | 1.16 | 0.00 | 0.02 | 2.81  | 75.51 | 24.49 | 0.00 |
| 30C    | 2     | 19    | 4      | 1.21 | 0.00 | 0.16 | 0.00 | 0.21   | 0.00 | 1.12 | 0.00 | 0.09 | 2.80  | 83.99 | 16.01 | 0.00 |
| 30C    | 2     | 21    | 4      | 1.00 | 0.00 | 0.34 | 0.00 | 0.38   | 0.00 | 1.11 | 0.00 | 0.01 | 2.84  | 74.77 | 25.23 | 0.00 |
| 30C    | 2     | 22    | 4      | 1.14 | 0.00 | 0.12 | 0.00 | 0.42   | 0.00 | 1.12 | 0.00 | 0.02 | 2.82  | 72.61 | 27.39 | 0.00 |
| 30C    | 2     | 23    | 4      | 1.14 | 0.00 | 0.12 | 0.00 | 0.42   | 0.00 | 1.12 | 0.00 | 0.02 | 2.82  | 72.61 | 27.39 | 0.00 |

| Lâmina | Campo | Ponto | No. O2 | Si   | Ti   | Al   | Cr   | Fe(ii) | Mn   | Mg   | Ni   | Ca   | Total | Fo    | Fa    | Tp   |
|--------|-------|-------|--------|------|------|------|------|--------|------|------|------|------|-------|-------|-------|------|
| 30C    | 3     | 1     | 4      | 1.10 | 0.00 | 0.21 | 0.00 | 0.26   | 0.00 | 1.23 | 0.00 | 0.01 | 2.80  | 82.84 | 17.16 | 0.00 |
| 30C    | 3     | 2     | 4      | 1.18 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.32   | 0.00 | 1.31 | 0.00 | 0.01 | 2.83  | 80.24 | 19.76 | 0.00 |
| 30C    | 3     | 3     | 4      | 1.22 | 0.00 | 0.05 | 0.00 | 0.34   | 0.00 | 1.14 | 0.00 | 0.07 | 2.82  | 77.06 | 22.94 | 0.00 |
| 30C    | 3     | 4     | 4      | 1.17 | 0.00 | 0.04 | 0.00 | 0.17   | 0.01 | 1.43 | 0.00 | 0.01 | 2.81  | 89.25 | 10.43 | 0.31 |
| 30C    | 3     | 5     | 4      | 1.08 | 0.00 | 0.23 | 0.00 | 0.30   | 0.00 | 1.20 | 0.00 | 0.01 | 2.82  | 79.97 | 20.03 | 0.00 |
| 30C    | 3     | 6     | 4      | 1.03 | 0.00 | 0.29 | 0.00 | 0.34   | 0.00 | 1.17 | 0.00 | 0.01 | 2.84  | 77.28 | 22.72 | 0.00 |
| 30C    | 3     | 7     | 4      | 1.24 | 0.00 | 0.03 | 0.00 | 0.37   | 0.00 | 1.12 | 0.00 | 0.03 | 2.78  | 75.44 | 24.56 | 0.00 |









**Apêndice 4** - Fórmula química calculada em número de cátions para os cristais de mica analisados das lâminas LSC-30A, LSC-30B e LSC-30C

| Lâmina | Campo | Ponto | No. O2 | Si   | Al (ii) | Al(iii) | Ti   | Fe(ii) | Mn   | Mg   | Ca   | Na   | K    | Cl   | F    | Total |
|--------|-------|-------|--------|------|---------|---------|------|--------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| 30A    | 1     | 2     | 4      | 6.05 | 1.80    | 0.00    | 0.07 | 0.89   | 0.00 | 5.19 | 0.00 | 0.00 | 1.95 | 0.00 | 0.00 | 15.96 |
| 30A    | 1     | 3     | 4      | 6.09 | 1.61    | 0.00    | 0.06 | 0.78   | 0.00 | 5.71 | 0.00 | 0.00 | 1.61 | 0.00 | 0.00 | 15.85 |
| 30A    | 1     | 7     | 4      | 5.62 | 1.64    | 0.00    | 0.00 | 1.80   | 0.02 | 6.41 | 0.06 | 0.00 | 0.05 | 0.00 | 0.00 | 15.59 |
| 30A    | 1     | 8     | 4      | 6.01 | 1.21    | 0.00    | 0.00 | 1.16   | 0.00 | 6.92 | 0.06 | 0.00 | 0.02 | 0.00 | 0.00 | 15.39 |
| 30A    | 1     | 10    | 4      | 5.74 | 1.61    | 0.00    | 0.00 | 1.46   | 0.00 | 6.65 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 15.45 |
| 30A    | 1     | 14    | 4      | 5.42 | 2.02    | 0.00    | 0.00 | 1.88   | 0.00 | 6.24 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 15.56 |
| 30A    | 1     | 25    | 4      | 5.45 | 1.80    | 0.00    | 0.00 | 2.36   | 0.02 | 5.92 | 0.07 | 0.00 | 0.05 | 0.00 | 0.00 | 15.68 |
| 30A    | 1     | 27    | 4      | 6.08 | 1.52    | 0.00    | 0.06 | 1.13   | 0.03 | 5.60 | 0.11 | 0.00 | 1.14 | 0.00 | 0.00 | 15.67 |
| 30A    | 1     | 35    | 4      | 5.97 | 1.91    | 0.00    | 0.14 | 0.87   | 0.00 | 5.05 | 0.07 | 0.00 | 1.87 | 0.00 | 0.00 | 15.87 |

| Lâmina | Campo | Ponto | No. O2 | Si   | Al(ii) | Al(iii) | Ti   | Fe(ii) | Mn   | Mg   | Ca   | Na   | K    | Cl   | F    | Total |
|--------|-------|-------|--------|------|--------|---------|------|--------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| 30A    | 2     | 17    | 4      | 6.01 | 1.87   | 0.00    | 0.17 | 0.98   | 0.00 | 4.89 | 0.00 | 0.00 | 1.94 | 0.00 | 0.00 | 15.86 |
| 30A    | 2     | 25    | 4      | 6.03 | 1.85   | 0.00    | 0.12 | 1.03   | 0.00 | 4.94 | 0.00 | 0.00 | 1.92 | 0.00 | 0.00 | 15.89 |

| Lâmina | Campo | Ponto | No. O2 | Si   | Al(ii) | Al(iii) | Ti   | Fe(ii) | Mn   | Mg   | Ca   | Na   | K    | Cl   | F    | Total |
|--------|-------|-------|--------|------|--------|---------|------|--------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| 30A    | 3     | 15    | 4      | 5.46 | 2.54   | 0.38    | 0.15 | 0.96   | 0.02 | 4.53 | 0.00 | 0.00 | 1.80 | 0.00 | 0.00 | 15.83 |
| 30A    | 3     | 16    | 4      | 5.84 | 1.63   | 0.00    | 0.14 | 1.07   | 0.02 | 5.64 | 0.25 | 0.00 | 1.23 | 0.00 | 0.00 | 15.82 |
| 30A    | 3     | 35    | 4      | 5.61 | 1.54   | 0.00    | 0.26 | 1.37   | 0.00 | 4.20 | 1.90 | 0.00 | 0.95 | 0.00 | 0.00 | 15.84 |
| 30A    | 3     | 14    | 4      | 6.17 | 1.52   | 0.00    | 0.11 | 1.22   | 0.03 | 5.00 | 0.00 | 0.00 | 1.86 | 0.00 | 0.00 | 15.90 |

| Lâmina | Campo | Ponto | No. O2 | Si   | Al(ii) | Al(iii) | Ti   | Fe(ii) | Mn   | Mg   | Ca   | Na   | K    | Cl   | F    | Total |
|--------|-------|-------|--------|------|--------|---------|------|--------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| 30A    | 4     | 4     | 4      | 6.03 | 1.44   | 0.00    | 0.06 | 1.42   | 0.03 | 5.54 | 0.09 | 0.00 | 1.17 | 0.00 | 0.00 | 15.78 |
| 30A    | 4     | 9     | 4      | 6.03 | 1.78   | 0.00    | 0.15 | 0.95   | 0.00 | 5.12 | 0.00 | 0.00 | 1.81 | 0.00 | 0.00 | 15.84 |
| 30A    | 4     | 16    | 4      | 5.59 | 1.38   | 0.00    | 0.47 | 1.65   | 0.00 | 2.96 | 2.78 | 0.00 | 0.87 | 0.00 | 0.00 | 15.69 |

| Lâmina | Campo | Ponto | No. O2 | Si   | Al(ii) | Al(iii) | Ti   | Fe(ii) | Mn   | Mg   | Ca   | Na   | K    | Cl   | F    | Total |
|--------|-------|-------|--------|------|--------|---------|------|--------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| 30B    | 1     | 5     | 4      | 6.24 | 1.62   | 0.00    | 0.16 | 1.19   | 0.04 | 4.63 | 0.11 | 0.00 | 1.63 | 0.00 | 0.00 | 15.61 |
| 30B    | 1     | 8     | 4      | 6.21 | 1.47   | 0.00    | 0.10 | 1.10   | 0.00 | 5.38 | 0.00 | 0.00 | 1.40 | 0.00 | 0.00 | 15.66 |
| 30B    | 1     | 9     | 4      | 5.76 | 2.13   | 0.00    | 0.51 | 0.80   | 0.00 | 4.53 | 0.00 | 0.00 | 1.88 | 0.00 | 0.00 | 15.61 |
| 30B    | 1     | 11    | 4      | 6.04 | 1.85   | 0.00    | 0.17 | 0.93   | 0.00 | 4.92 | 0.00 | 0.00 | 1.93 | 0.00 | 0.00 | 15.83 |
| 30B    | 1     | 25    | 4      | 5.95 | 1.87   | 0.00    | 0.20 | 0.72   | 0.00 | 5.29 | 0.00 | 0.00 | 1.80 | 0.00 | 0.00 | 15.82 |
| 30B    | 1     | 26    | 4      | 6.05 | 1.61   | 0.00    | 0.00 | 1.30   | 0.03 | 5.57 | 0.00 | 0.00 | 1.14 | 0.00 | 0.00 | 15.71 |
| 30B    | 1     | 27    | 4      | 6.29 | 1.28   | 0.00    | 0.04 | 1.00   | 0.00 | 5.82 | 0.17 | 0.00 | 0.84 | 0.00 | 0.00 | 15.45 |
| 30B    | 1     | 39    | 4      | 6.50 | 0.92   | 0.00    | 0.09 | 1.80   | 0.04 | 3.71 | 1.25 | 0.00 | 1.26 | 0.00 | 0.00 | 15.57 |
| 30B    | 1     | 31    | 4      | 6.38 | 1.38   | 0.00    | 0.17 | 1.48   | 0.04 | 4.36 | 0.08 | 0.00 | 1.74 | 0.00 | 0.00 | 15.63 |

| Lâmina | Campo | Ponto | No. O2 | Si   | Al(ii) | Al(iii) | Ti   | Fe(ii) | Mn   | Mg   | Ca   | Na   | K    | Cl   | F    | Total |
|--------|-------|-------|--------|------|--------|---------|------|--------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| 30B    | 2     | 5     | 4      | 6.11 | 1.67   | 0.00    | 0.00 | 1.04   | 0.00 | 5.74 | 0.00 | 0.00 | 1.00 | 0.00 | 0.00 | 15.56 |
| 30B    | 2     | 8     | 4      | 5.92 | 1.94   | 0.00    | 0.08 | 1.24   | 0.03 | 5.05 | 0.07 | 0.00 | 1.42 | 0.00 | 0.00 | 15.75 |
| 30B    | 2     | 9     | 4      | 6.26 | 1.21   | 0.00    | 0.00 | 1.74   | 0.00 | 3.60 | 1.46 | 0.00 | 1.73 | 0.00 | 0.00 | 16.00 |

| Lâmina | Campo | Ponto | No. O2 | Si   | Al(ii) | Al(iii) | Ti   | Fe(ii) | Mn   | Mg   | Ca   | Na   | K    | Cl   | F    | Total |
|--------|-------|-------|--------|------|--------|---------|------|--------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| 30B    | 3     | 5     | 4      | 6.01 | 1.80   | 0.00    | 0.12 | 0.60   | 0.00 | 5.48 | 0.00 | 0.00 | 1.87 | 0.00 | 0.00 | 15.89 |
| 30B    | 3     | 8     | 4      | 6.38 | 1.14   | 0.00    | 0.05 | 1.36   | 0.00 | 5.42 | 0.24 | 0.00 | 0.83 | 0.00 | 0.00 | 15.42 |
| 30B    | 3     | 9     | 4      | 5.88 | 1.90   | 0.00    | 0.04 | 1.52   | 0.03 | 5.01 | 0.06 | 0.00 | 1.36 | 0.00 | 0.00 | 15.80 |

| Lâmina | Campo | Ponto | No. O2 | Si   | Al(ii) | Al(iii) | Ti   | Fe(ii) | Mn   | Mg   | Ca   | Na   | K    | Cl   | F    | Total |
|--------|-------|-------|--------|------|--------|---------|------|--------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| 30B    | 4     | 6     | 4      | 5.40 | 1.57   | 0.00    | 0.23 | 1.80   | 0.00 | 4.21 | 1.90 | 0.00 | 0.91 | 0.00 | 0.00 | 16.03 |
| 30B    | 4     | 7     | 4      | 5.90 | 1.47   | 0.00    | 0.10 | 1.14   | 0.00 | 5.55 | 0.53 | 0.00 | 1.10 | 0.00 | 0.00 | 15.81 |
| 30B    | 4     | 8     | 4      | 5.85 | 1.42   | 0.00    | 0.15 | 1.10   | 0.00 | 5.52 | 0.72 | 0.00 | 1.10 | 0.00 | 0.00 | 15.85 |
| 30B    | 4     | 12    | 4      | 5.89 | 1.97   | 0.00    | 0.15 | 0.56   | 0.00 | 5.53 | 0.06 | 0.00 | 1.64 | 0.00 | 0.00 | 15.79 |
| 30B    | 4     | 15    | 4      | 6.45 | 1.32   | 0.00    | 0.09 | 1.23   | 0.02 | 4.83 | 0.12 | 0.00 | 1.48 | 0.00 | 0.00 | 15.53 |
| 30B    | 4     | 21    | 4      | 6.27 | 1.62   | 0.00    | 0.14 | 1.26   | 0.05 | 4.55 | 0.00 | 0.00 | 1.76 | 0.00 | 0.00 | 15.65 |
| 30B    | 4     | 31    | 4      | 6.45 | 1.34   | 0.00    | 0.07 | 1.39   | 0.07 | 4.57 | 0.10 | 0.00 | 1.65 | 0.00 | 0.00 | 15.63 |
| 30B    | 4     | 32    | 4      | 6.67 | 1.33   | 0.06    | 0.00 | 1.60   | 0.00 | 4.14 | 0.00 | 0.00 | 1.70 | 0.00 | 0.00 | 15.48 |
| 30B    | 4     | 37    | 4      | 6.49 | 1.17   | 0.00    | 0.12 | 1.91   | 0.07 | 4.19 | 0.00 | 0.00 | 1.73 | 0.00 | 0.00 | 15.67 |
| 30B    | 4     | 39    | 4      | 6.00 | 1.93   | 0.00    | 0.16 | 0.95   | 0.00 | 4.87 | 0.00 | 0.00 | 1.94 | 0.00 | 0.00 | 15.84 |
| 30B    | 4     | 44    | 4      | 6.42 | 0.64   | 0.00    | 0.00 | 0.69   | 0.00 | 7.24 | 0.00 | 0.00 | 0.55 | 0.00 | 0.00 | 15.53 |
| 30B    | 4     | 49    | 4      | 6.35 | 1.51   | 0.00    | 0.00 | 1.01   | 0.00 | 5.50 | 0.00 | 0.00 | 1.05 | 0.00 | 0.00 | 15.42 |
| 30B    | 4     | 5     | 4      | 6.17 | 1.48   | 0.00    | 0.00 | 1.25   | 0.00 | 5.74 | 0.00 | 0.00 | 0.91 | 0.00 | 0.00 | 15.54 |
| 30B    | 4     | 24    | 4      | 6.39 | 1.47   | 0.00    | 0.00 | 1.31   | 0.00 | 5.02 | 0.00 | 0.00 | 1.38 | 0.00 | 0.00 | 15.57 |



| Lâmina | Cam po | Pon to | No. O2 | SiO 2 | Ti O2 | Al2 O3 | Fe O  | P2 O5 | SO 2 | Mn O | Mg O  | Ca O  | V2 O5 | Cr2 O3 | Na2 O | K2 O | Ni O | Br2 O | Nb2 O5 | Ba O | Ce O2 | Eu2 O3 | Pb O | C 1 | F | Nome |           |
|--------|--------|--------|--------|-------|-------|--------|-------|-------|------|------|-------|-------|-------|--------|-------|------|------|-------|--------|------|-------|--------|------|-----|---|------|-----------|
| 30A    | 4      | 34     | 6      | 46.79 | 0     | 1.57   | 2.96  | 0     | 0    | 0    | 14.98 | 29.39 | 0     | 0      | 4.31  | 0    | 0    | 0     | 0      | 0    | 0     | 0      | 0    | 0   | 0 | 0    | Diopsídio |
| 30A    | 4      | 35     | 6      | 55.07 | 0     | 0.6    | 2.5   | 0     | 0    | 0    | 12.5  | 23.73 | 0     | 0      | 5.61  | 0    | 0    | 0     | 0      | 0    | 0     | 0      | 0    | 0   | 0 | 0    | Diopsídio |
| 30A    | 4      | 36     | 6      | 56.05 | 0     | 0.53   | 2.59  | 0     | 0.31 | 0    | 11.24 | 23.13 | 0     | 0      | 6.15  | 0    | 0    | 0     | 0      | 0    | 0     | 0      | 0    | 0   | 0 | 0    | Diopsídio |
| 30A    | 4      | 37     | 6      | 42.99 | 0     | 0.49   | 1.92  | 0     | 0.26 | 0.19 | 7.34  | 41.38 | 0     | 0      | 5.44  | 0    | 0    | 0     | 0      | 0    | 0     | 0      | 0    | 0   | 0 | 0    | Diopsídio |
| 30A    | 4      | 40     | 6      | 30.78 | 10.5  | 5.92   | 13.94 | 0.89  | 0    | 0    | 3.1   | 34.48 | 0     | 0      | 0.4   | 0    | 0    | 0     | 0      | 0    | 0     | 0      | 0    | 0   | 0 | 0    | Diopsídio |
| 30A    | 4      | 41     | 6      | 54.37 | 0.71  | 0.37   | 3.86  | 0     | 0    | 0    | 16.42 | 24.27 | 0     | 0      | 0     | 0    | 0    | 0     | 0      | 0    | 0     | 0      | 0    | 0   | 0 | 0    | Diopsídio |
| 30A    | 4      | 45     | 6      | 52.37 | 1.96  | 0.69   | 4.94  | 0     | 0    | 0    | 15.29 | 23.91 | 0     | 0      | 0.84  | 0    | 0    | 0     | 0      | 0    | 0     | 0      | 0    | 0   | 0 | 0    | Diopsídio |
| 30A    | 4      | 5      | 6      | 52.49 | 1.83  | 0.45   | 4.77  | 0     | 0    | 0.18 | 15.22 | 24.36 | 0     | 0      | 0.71  | 0    | 0    | 0     | 0      | 0    | 0     | 0      | 0    | 0   | 0 | 0    | Augita    |
| 30A    | 4      | 17     | 6      | 54.22 | 0.85  | 0      | 5.55  | 0     | 0    | 0    | 14.51 | 22.84 | 0     | 0      | 2.05  | 0    | 0    | 0     | 0      | 0    | 0     | 0      | 0    | 0   | 0 | 0    | Augita    |
| 30A    | 4      | 18     | 6      | 54.5  | 0.5   | 0.23   | 4.72  | 0     | 0    | 0    | 15.86 | 24.19 | 0     | 0      | 0     | 0    | 0    | 0     | 0      | 0    | 0     | 0      | 0    | 0   | 0 | 0    | Augita    |
| 30A    | 4      | 21     | 6      | 52.56 | 0.54  | 0.47   | 9.01  | 0     | 0    | 0.24 | 13.51 | 21.69 | 0     | 0      | 1.8   | 0.18 | 0    | 0     | 0      | 0    | 0     | 0      | 0    | 0   | 0 | 0    | Augita    |
| 30A    | 4      | 25     | 6      | 53.94 | 1.75  | 0.51   | 5.38  | 0     | 0    | 0    | 15.95 | 20.7  | 0     | 0      | 1.78  | 0    | 0    | 0     | 0      | 0    | 0     | 0      | 0    | 0   | 0 | 0    | Augita    |
| 30A    | 4      | 27     | 6      | 53.96 | 0.89  | 0.46   | 4.75  | 0     | 0    | 0    | 16.11 | 23.06 | 0     | 0      | 0.78  | 0    | 0    | 0     | 0      | 0    | 0     | 0      | 0    | 0   | 0 | 0    | Augita    |
| 30A    | 4      | 30     | 6      | 53.24 | 1.97  | 0.45   | 4.81  | 0     | 0    | 0    | 15.47 | 23.15 | 0     | 0      | 0.92  | 0    | 0    | 0     | 0      | 0    | 0     | 0      | 0    | 0   | 0 | 0    | Augita    |
| 30A    | 4      | 33     | 6      | 54.46 | 0.96  | 0      | 3.55  | 0     | 0    | 0    | 16.68 | 23.42 | 0     | 0      | 0.93  | 0    | 0    | 0     | 0      | 0    | 0     | 0      | 0    | 0   | 0 | 0    | Augita    |

| Lâmina | Campo | Ponto | No. O2 | N2O5 | SiO 2 | TiO 2 | Al2 O3 | Fe O  | A r | M nO | M gO  | Ca O  | V2 O5 | Cr2 O3 | Na 2O | K 2O | Ni O | Br 2O | Zr O2 | Nb 2O 5 | Ag 2O | B a O | In2 O3 | Ce O2 | Yb 2O 3 | WO 3 | C 1 | F | Nome |   |        |
|--------|-------|-------|--------|------|-------|-------|--------|-------|-----|------|-------|-------|-------|--------|-------|------|------|-------|-------|---------|-------|-------|--------|-------|---------|------|-----|---|------|---|--------|
| 30B    | 1     | 18    | 6      | 0    | 54.48 | 0     | 0      | 5.29  | 0   | 0    | 15.71 | 23.97 | 0     | 0.55   | 0     | 0    | 0    | 0     | 0     | 0       | 0     | 0     | 0      | 0     | 0       | 0    | 0   | 0 | 0    | 0 | Augita |
| 30B    | 1     | 19    | 6      | 0    | 54.33 | 1.31  | 0.85   | 3.67  | 0   | 0    | 18.24 | 21.21 | 0     | 0      | 0     | 0    | 0    | 0     | 0     | 0       | 0     | 0     | 0      | 0     | 0       | 0.4  | 0   | 0 | 0    | 0 | Augita |
| 30B    | 1     | 29    | 6      | 0    | 54.2  | 0.55  | 0      | 6.54  | 0   | 0    | 15.45 | 21.02 | 0     | 0.42   | 1.84  | 0    | 0    | 0     | 0     | 0       | 0     | 0     | 0      | 0     | 0       | 0    | 0   | 0 | 0    | 0 | Augita |
| 30B    | 1     | 30    | 6      | 0    | 54.3  | 0     | 0      | 4.82  | 0   | 0    | 18.64 | 22.24 | 0     | 0      | 0     | 0    | 0    | 0     | 0     | 0       | 0     | 0     | 0      | 0     | 0       | 0    | 0   | 0 | 0    | 0 | Augita |
| 30B    | 1     | 42    | 6      | 0    | 30.89 | 5.16  | 8.03   | 16.04 | 0   | 0    | 3.98  | 34.61 | 0     | 0.46   | 0     | 0    | 0    | 0     | 0     | 0       | 0     | 0     | 0      | 0     | 0       | 0.83 | 0   | 0 | 0    | 0 | Augita |







|     |   |    |   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-----|---|----|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 30A | 4 | 5  | 6 | 1.94 | 0.05 | 0.02 | 0.00 | 0.15 | 0.01 | 0.84 | 0.97 | 0.05 | 0.00 | 4.02 |
| 30A | 4 | 17 | 6 | 2.00 | 0.02 | 0.00 | 0.00 | 0.17 | 0.00 | 0.80 | 0.90 | 0.15 | 0.00 | 4.05 |
| 30A | 4 | 18 | 6 | 2.00 | 0.01 | 0.01 | 0.00 | 0.14 | 0.00 | 0.87 | 0.95 | 0.00 | 0.00 | 3.98 |
| 30A | 4 | 21 | 6 | 1.97 | 0.02 | 0.02 | 0.00 | 0.28 | 0.01 | 0.76 | 0.87 | 0.13 | 0.01 | 4.07 |
| 30A | 4 | 25 | 6 | 1.98 | 0.05 | 0.02 | 0.00 | 0.16 | 0.00 | 0.87 | 0.81 | 0.13 | 0.00 | 4.03 |
| 30A | 4 | 27 | 6 | 1.98 | 0.02 | 0.02 | 0.00 | 0.15 | 0.00 | 0.88 | 0.91 | 0.06 | 0.00 | 4.01 |
| 30A | 4 | 30 | 6 | 1.96 | 0.05 | 0.02 | 0.00 | 0.15 | 0.00 | 0.85 | 0.91 | 0.07 | 0.00 | 4.01 |
| 30A | 4 | 33 | 6 | 1.99 | 0.03 | 0.00 | 0.00 | 0.11 | 0.00 | 0.91 | 0.92 | 0.07 | 0.00 | 4.02 |

| Lâmina | Campo | Ponto | No. O2 | Si   | Ti   | Al   | Cr   | Fe(ii) | Mn   | Mg   | Ca   | Na   | K    | Total |
|--------|-------|-------|--------|------|------|------|------|--------|------|------|------|------|------|-------|
| 30B    | 1     | 18    | 6      | 1.98 | 0.00 | 0.00 | 0.15 | 0.00   | 0.48 | 1.30 | 0.02 | 0.00 | 0.00 | 3.94  |
| 30B    | 1     | 19    | 6      | 2.00 | 0.00 | 0.00 | 0.02 | 0.16   | 0.00 | 0.86 | 0.94 | 0.00 | 0.00 | 3.99  |
| 30B    | 1     | 29    | 6      | 2.00 | 0.02 | 0.00 | 0.01 | 0.20   | 0.00 | 0.85 | 0.83 | 0.13 | 0.00 | 4.04  |
| 30B    | 1     | 30    | 6      | 1.98 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.15   | 0.00 | 1.02 | 0.87 | 0.00 | 0.00 | 4.02  |
| 30B    | 1     | 42    | 6      | 1.32 | 0.17 | 0.40 | 0.02 | 0.57   | 0.00 | 0.25 | 1.58 | 0.00 | 0.00 | 4.31  |
| 30B    | 1     | 44    | 6      | 1.38 | 0.02 | 0.22 | 0.02 | 1.19   | 0.00 | 1.39 | 0.19 | 0.00 | 0.11 | 4.53  |
| 30B    | 1     | 45    | 6      | 0.59 | 0.07 | 0.13 | 0.04 | 3.64   | 0.00 | 0.66 | 0.09 | 0.00 | 0.07 | 5.29  |

| Lâmina | Campo | Ponto | No. O2 | Si   | Ti   | Al   | Cr   | Fe(ii) | Mn   | Mg   | Ca   | Na   | K    | Total |
|--------|-------|-------|--------|------|------|------|------|--------|------|------|------|------|------|-------|
| 30B    | 2     | 3     | 6      | 1.21 | 0.33 | 0.24 | 0.01 | 0.73   | 0.00 | 0.08 | 1.71 | 0.00 | 0.07 | 4.37  |
| 30B    | 2     | 12    | 6      | 2.05 | 0.00 | 0.00 | 0.22 | 0.00   | 0.00 | 0.66 | 0.91 | 0.00 | 0.00 | 3.84  |
| 30B    | 2     | 13    | 6      | 1.75 | 0.00 | 0.00 | 0.15 | 0.00   | 0.00 | 0.59 | 1.69 | 0.00 | 0.00 | 4.17  |
| 30B    | 2     | 14    | 6      | 1.53 | 0.00 | 0.00 | 0.15 | 0.00   | 0.00 | 0.45 | 2.26 | 0.00 | 0.00 | 4.39  |
| 30B    | 2     | 30    | 6      | 1.54 | 0.00 | 0.00 | 0.16 | 0.00   | 0.00 | 0.32 | 2.37 | 0.00 | 0.00 | 4.38  |
| 30B    | 2     | 31    | 6      | 2.06 | 0.00 | 0.00 | 0.15 | 0.00   | 0.00 | 1.02 | 0.64 | 0.00 | 0.00 | 3.87  |
| 30B    | 2     | 32    | 6      | 1.71 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.33   | 0.00 | 1.63 | 0.53 | 0.18 | 0.00 | 4.38  |
| 30B    | 2     | 37    | 6      | 1.98 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.17   | 0.00 | 0.89 | 0.97 | 0.00 | 0.00 | 4.02  |
| 30B    | 2     | 11    | 6      | 1.07 | 0.00 | 0.42 | 0.00 | 0.28   | 0.00 | 0.83 | 2.13 | 0.00 | 0.00 | 4.72  |
| 30B    | 2     | 15    | 6      | 1.93 | 0.00 | 0.00 | 0.14 | 0.00   | 0.00 | 0.41 | 1.50 | 0.00 | 0.00 | 3.99  |
| 30B    | 2     | 18    | 6      | 1.89 | 0.00 | 0.00 | 0.07 | 0.18   | 0.00 | 1.16 | 0.77 | 0.00 | 0.00 | 4.08  |
| 30B    | 2     | 35    | 6      | 1.96 | 0.04 | 0.00 | 0.00 | 0.16   | 0.00 | 0.90 | 0.94 | 0.00 | 0.00 | 4.00  |

| Lâmina | Campo | Ponto | No. O2 | Si   | Ti   | Al   | Cr   | Fe(ii) | Mn   | Mg   | Ca   | Na   | K    | Total |
|--------|-------|-------|--------|------|------|------|------|--------|------|------|------|------|------|-------|
| 30B    | 3     | 4     | 6      | 1.35 | 0.16 | 0.44 | 0.02 | 0.57   | 0.00 | 0.23 | 1.46 | 0.00 | 0.07 | 4.30  |

| Lâmina | Campo | Ponto | No. O2 | Si   | Ti   | Al   | Cr   | Fe(ii) | Mn   | Mg   | Ca   | Na   | K    | Total |
|--------|-------|-------|--------|------|------|------|------|--------|------|------|------|------|------|-------|
| 30B    | 4     | 4     | 6      | 2.00 | 0.01 | 0.00 | 0.04 | 0.22   | 0.00 | 0.75 | 0.94 | 0.00 | 0.02 | 3.98  |
| 30B    | 4     | 33    | 6      | 1.71 | 0.14 | 0.27 | 0.16 | 0.34   | 0.00 | 0.73 | 0.33 | 0.52 | 0.00 | 4.20  |
| 30B    | 4     | 34    | 6      | 2.02 | 0.00 | 0.00 | 0.09 | 0.33   | 0.00 | 0.72 | 0.77 | 0.00 | 0.02 | 3.95  |
| 30B    | 4     | 20    | 6      | 2.01 | 0.00 | 0.00 | 0.04 | 0.27   | 0.00 | 0.79 | 0.85 | 0.00 | 0.00 | 3.97  |
| 30B    | 4     | 22    | 6      | 1.97 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.18   | 0.00 | 0.93 | 0.94 | 0.00 | 0.00 | 4.03  |
| 30B    | 4     | 36    | 6      | 1.23 | 0.45 | 0.30 | 0.00 | 0.45   | 0.00 | 0.00 | 1.75 | 0.00 | 0.00 | 4.17  |
| 30B    | 4     | 17    | 6      | 1.92 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.28   | 0.00 | 1.02 | 0.86 | 0.00 | 0.00 | 4.08  |

| Lâmina | Campo | Ponto | No. O2 | Si   | Ti   | Al   | Cr   | Fe(ii) | Mn   | Mg   | Ca   | Na   | K    | Total |
|--------|-------|-------|--------|------|------|------|------|--------|------|------|------|------|------|-------|
| 30C    | 1     | 4     | 6      | 1.25 | 0.25 | 0.27 | 0.03 | 0.72   | 0.00 | 0.03 | 1.77 | 0.04 | 0.00 | 4.36  |
| 30C    | 1     | 33    | 6      | 2.01 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.15   | 0.00 | 0.89 | 0.91 | 0.07 | 0.00 | 4.02  |
| 30C    | 1     | 34    | 6      | 2.01 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.27   | 0.00 | 0.77 | 0.88 | 0.12 | 0.00 | 4.05  |
| 30C    | 1     | 20    | 6      | 1.97 | 0.01 | 0.08 | 0.02 | 0.20   | 0.00 | 1.03 | 0.62 | 0.08 | 0.00 | 4.01  |
| 30C    | 1     | 22    | 6      | 1.27 | 0.32 | 0.24 | 0.00 | 0.65   | 0.00 | 0.00 | 1.77 | 0.09 | 0.00 | 4.33  |

| Lâmina | Campo | Ponto | No. O2 | Si   | Ti   | Al   | Cr   | Fe(ii) | Mn   | Mg   | Ca   | Na   | K    | Total |
|--------|-------|-------|--------|------|------|------|------|--------|------|------|------|------|------|-------|
| 30C    | 2     | 5     | 6      | 1.96 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.13   | 0.00 | 1.09 | 0.68 | 0.35 | 0.01 | 4.22  |
| 30C    | 2     | 6     | 6      | 1.93 | 0.00 | 0.06 | 0.00 | 0.14   | 0.00 | 1.06 | 0.69 | 0.29 | 0.02 | 4.20  |
| 30C    | 2     | 14    | 6      | 2.04 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.09   | 0.00 | 0.64 | 0.95 | 0.47 | 0.00 | 4.19  |
| 30C    | 2     | 20    | 6      | 1.70 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.12   | 0.00 | 0.88 | 1.48 | 0.26 | 0.00 | 4.43  |

| Lâmina | Campo | Ponto | No. O2 | Si   | Ti   | Al   | Cr   | Fe(ii) | Mn   | Mg   | Ca   | Na   | K    | Total |
|--------|-------|-------|--------|------|------|------|------|--------|------|------|------|------|------|-------|
| 30C    | 3     | 3     | 6      | 1.40 | 0.13 | 0.40 | 0.05 | 0.49   | 0.00 | 0.66 | 1.01 | 0.00 | 0.20 | 4.35  |
| 30C    | 3     | 10    | 6      | 0.90 | 0.77 | 0.25 | 0.00 | 0.40   | 0.00 | 0.33 | 1.46 | 0.02 | 0.22 | 4.33  |
| 30C    | 3     | 16    | 6      | 2.00 | 0.01 | 0.00 | 0.00 | 0.17   | 0.00 | 0.85 | 0.92 | 0.08 | 0.00 | 4.03  |
| 30C    | 3     | 22    | 6      | 1.35 | 0.22 | 0.31 | 0.05 | 0.56   | 0.00 | 0.40 | 1.28 | 0.00 | 0.11 | 4.30  |
| 30C    | 3     | 17    | 6      | 1.48 | 0.07 | 0.40 | 0.04 | 0.42   | 0.00 | 1.20 | 0.47 | 0.00 | 0.29 | 4.37  |
| 30C    | 3     | 19    | 6      | 1.45 | 0.00 | 0.19 | 0.00 | 0.29   | 0.00 | 1.68 | 0.82 | 0.00 | 0.05 | 4.49  |
| 30C    | 3     | 20    | 6      | 1.79 | 0.02 | 0.25 | 0.00 | 0.24   | 0.00 | 1.29 | 0.40 | 0.00 | 0.15 | 4.15  |
| 30C    | 3     | 21    | 6      | 1.97 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.22   | 0.00 | 1.24 | 0.45 | 0.19 | 0.12 | 4.19  |
| 30C    | 3     | 23    | 6      | 1.49 | 0.07 | 0.32 | 0.05 | 0.48   | 0.00 | 1.36 | 0.40 | 0.00 | 0.19 | 4.35  |
| 30C    | 3     | 1     | 6      | 1.50 | 0.04 | 0.86 | 0.04 | 0.35   | 0.00 | 1.03 | 0.20 | 0.00 | 0.00 | 4.02  |
| 30C    | 3     | 2     | 6      | 1.50 | 0.04 | 0.87 | 0.04 | 0.34   | 0.00 | 1.04 | 0.20 | 0.00 | 0.00 | 4.01  |

**Apêndice 7** - Tabelas de composição (% em peso) de óxidos dos cristais de ilmenita analisados das lâminas LSC-30A, LSC-30B e LSC-30C

| Lâmina | Campo | Ponto | No. O2 | SiO2  | TiO2  | Al2O3 | FeO   | SO2   | MnO | MgO | CaO   | V2O5 | Cr2O3 | Na2O | SrO | ZrO2 | Nb2O5 | MoO3 | BaO  | WO3 | Re2O7 | Nome     |
|--------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-----|-----|-------|------|-------|------|-----|------|-------|------|------|-----|-------|----------|
| 30A    | 3     | 33    | 6      | 0     | 58,13 | 0     | 1,48  | 0     | 0   | 0   | 38,87 | 0,4  | 0     | 0,43 | 0   | 0    | 0,69  | 0    | 0    | 0   | 0     | Ilmenita |
| 30A    | 3     | 36    | 6      | 0     | 58,57 | 0     | 1,61  | 0     | 0   | 0   | 39,32 | 0    | 0     | 0    | 0   | 0    | 0,5   | 0    | 0    | 0   | 0     | Ilmenita |
| 30A    | 3     | 37    | 6      | 0     | 51,37 | 0     | 33,08 | 0     | 0   | 0   | 33,08 | 0,75 | 0,31  | 0    | 0   | 0    | 0     | 0    | 0,83 | 0   | 0     | Ilmenita |
| 30A    | 3     | 38    | 6      | 0     | 54,62 | 0     | 30,8  | 0     | 0   | 0   | 30,8  | 0,55 | 0,6   | 0    | 0   | 0    | 0     | 0    | 0    | 0   | 0     | Ilmenita |
| 30A    | 4     | 28    | 6      | 0     | 58,39 | 0     | 1,56  | 0     | 0   | 0   | 39,36 | 0    | 0     | 0    | 0   | 0    | 0,69  | 0    | 0    | 0   | 0     | Ilmenita |
| 30A    | 2     | 33    | 6      | 13,41 | 42,91 | 0     | 0,27  | 30,93 | 0   | 0   | 10,37 | 0    | 0,44  | 1,44 | 0   | 0    | 0     | 0    | 0    | 0   | 0     | Ilmenita |
| 30A    | 2     | 10    | 6      | 0     | 51,76 | 0     | 0     | 35,95 | 0   | 0   | 12,29 | 0    | 0     | 0    | 0   | 0    | 0     | 0    | 0    | 0   | 0     | Ilmenita |
| 30A    | 2     | 30    | 6      | 0     | 50,19 | 0     | 0     | 39,82 | 0   | 0   | 9,99  | 0    | 0     | 0    | 0   | 0    | 0     | 0    | 0    | 0   | 0     | Ilmenita |

**Apêndice 8** - Tabelas de composição (% em peso) de óxidos dos cristais de carbonato analisados das lâminas LSC-30A, LSC-30B e LSC-30C

| Lâmina | Campo | Ponto | Si O2 | TiO2 | Al2 O3 | Fe2 O3 | P2 O5 | Mn O2 | MgO   | CaO   | Cr2 O3 | Na2O | K2 O | NiO  | Br O2 | B aO | Sr O | Cl   | F    | Nome    |
|--------|-------|-------|-------|------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|--------|------|------|------|-------|------|------|------|------|---------|
| 30A    | 1     | 4     | 13.04 | 0    | 0.32   | 2.75   | 0     | 0     | 9.73  | 73.16 | 0      | 0    | 0    | 0    | 0     | 0    | 0.99 | 0    | 0    | Calcita |
| 30A    | 2     | 14    | 0     | 0    | 0      | 0.49   | 0     | 0     | 0     | 98.28 | 0      | 0    | 0    | 0    | 0     | 0    | 1.23 | 0    | 0    | Calcita |
| 30A    | 3     | 37    | 0.43  | 0    | 0      | 0.57   | 0     | 0     | 0     | 97.51 | 0      | 0    | 0    | 0    | 0     | 0    | 1.49 | 0    | 0    | Calcita |
| 30A    | 3     | 38    | 1.21  | 0    | 0      | 0.7    | 0.89  | 0     | 0.53  | 91.93 | 0      | 0    | 0    | 0    | 0     | 0    | 0.46 | 0    | 0    | Calcita |
| 30B    | 2     | 17    | 25.2  | 6.91 | 3.28   | 9.34   | 0     | 0     | 11.14 | 37.22 | 0      | 0    | 0    | 0    | 0     | 0    | 1.56 | 0    | 0    | Calcita |
| 30C    | 2     | 9     | 2.72  | 1.63 | 0.76   | 0.59   | 0     | 0     | 0     | 94.3  | 0      | 0    | 0    | 0    | 0     | 0    | 0    | 0    | 0    | Calcita |
| 30C    | 2     | 13    | 20.75 | 1.36 | 3.6    | 23.52  | 0     | 0     | 13.77 | 35.1  | 0      | 0    | 0    | 0.78 | 0     | 0    | 0    | 1.11 | 0    | Calcita |
| 30C    | 2     | 17    | 9.77  | 0    | 2.03   | 0      | 0.26  | 0     | 7.63  | 79.05 | 0      | 0    | 0    | 0    | 0     | 0    | 0.87 | 0    | 0    | Calcita |
| 30C    | 2     | 25    | 0     | 0    | 0.64   | 0      | 0     | 0     | 0     | 98.15 | 0      | 0.33 | 0    | 0    | 0     | 0    | 0    | 0    | 0.88 | Calcita |

**Apêndice 9** - Fórmula química calculada (n° de cátions) e proporções minerais para os cristais de carbonato analisados das lâminas LSC-30A, LSC-30B e LSC-30C

| Lâmina | Campo | Ponto | MgO  | CaO  | MnO  | FeO  | SrO  | CO2  | Total |
|--------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|-------|
| 30A    | 1     | 4     | 0.35 | 1.60 | 0.00 | 0.04 | 0.01 | 2.00 | 4.00  |
| 30A    | 2     | 14    | 0.00 | 1.98 | 0.00 | 0.01 | 0.01 | 2.00 | 4.00  |
| 30A    | 3     | 37    | 0.00 | 1.98 | 0.00 | 0.01 | 0.01 | 2.00 | 4.00  |
| 30A    | 3     | 38    | 0.02 | 1.97 | 0.00 | 0.01 | 0.00 | 2.00 | 4.00  |
| 30B    | 2     | 17    | 0.58 | 1.18 | 0.00 | 0.21 | 0.02 | 2.00 | 4.00  |
| 30C    | 2     | 9     | 0.00 | 1.99 | 0.00 | 0.01 | 0.00 | 2.00 | 4.00  |
| 30C    | 2     | 13    | 0.61 | 0.94 | 0.00 | 0.45 | 0.00 | 2.00 | 4.00  |
| 30C    | 2     | 17    | 0.27 | 1.72 | 0.00 | 0.00 | 0.01 | 2.00 | 4.00  |
| 30C    | 2     | 25    | 0.00 | 2.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 2.00 | 4.00  |

| Lâmina | Campo | Ponto | MgCO3  | CaCO3   | MnCO3 | FeCO3  |
|--------|-------|-------|--------|---------|-------|--------|
| 30A    | 1     | 4     | 17.51% | 79.84%  | 0.00% | 2.15%  |
| 30A    | 2     | 14    | 0.00%  | 99.08%  | 0.00% | 0.35%  |
| 30A    | 3     | 37    | 0.00%  | 98.89%  | 0.00% | 0.41%  |
| 30A    | 3     | 38    | 0.93%  | 98.30%  | 0.00% | 0.54%  |
| 30B    | 2     | 17    | 29.15% | 59.08%  | 0.00% | 10.64% |
| 30C    | 2     | 9     | 0.00%  | 99.55%  | 0.00% | 0.45%  |
| 30C    | 2     | 13    | 30.40% | 47.00%  | 0.00% | 22.60% |
| 30C    | 2     | 17    | 13.67% | 85.90%  | 0.00% | 0.00%  |
| 30C    | 2     | 25    | 0.00%  | 100.00% | 0.00% | 0.00%  |





