



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



**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**CARACTERIZAÇÃO QUÍMICO-MINERALÓGICA DAS ROCHAS  
ENCAIXANTES DAS MINERALIZAÇÕES AURÍFERAS DA MINA CATA  
PRETA, DISTRITO SANTA RITA DURÃO, MARIANA, MINAS GERAIS**

**Suzan Lira Goulart de Moura**

**MONOGRAFIA nº 346**

Ouro Preto, dezembro de 2019



**CARACTERIZAÇÃO QUÍMICO-MINERALÓGICA DAS  
ROCHAS ENCAIXANTES DAS MINERALIZAÇÕES  
AURÍFERAS DA MINA CATA PRETA, DISTRITO SANTA  
RITA DURÃO, MARIANA, MINAS GERAIS**

---





## **FUNDAÇÃO 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

### **Pró-Reitora de Graduação**

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Tânia Rossi Garbin

### **ESCOLA DE MINAS**

#### *Diretor*

Prof. Dr. Issamu Endo

#### *Vice-Diretor*

Prof. Dr. Hernani Mota de Lima

### **DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA**

#### *Chefe*

Prof. MSc. Edison Tazava (Interino)



# **MONOGRAFIA**

**Nº 346**

## **CARACTERIZAÇÃO QUÍMICO-MINERALÓGICA DAS ROCHAS ENCAIXANTES DAS MINERALIZAÇÕES AURÍFERAS DA MINA CATA PRETA, DISTRITO SANTA RITA DURÃO, MARIANA, MINAS GERAIS**

**Suzan Lira Goulart de Moura**

*Orientador*

Prof. MSc. Edison Tazava

*Co-Orientadora*

Raianny Carolini Ramos Ferreira

Monografia do Trabalho de Conclusão de curso apresentada ao Departamento de Geologia da Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para avaliação da disciplina Trabalho de Conclusão de Curso – TCC 402, ano 2019/2.

**OURO PRETO**

**2019**

---

Universidade Federal de Ouro Preto – <http://www.ufop.br>  
Escola de Minas - <http://www.em.ufop.br>  
Departamento de Geologia - <http://www.degeo.ufop.br/>  
Campus Morro do Cruzeiro s/n - Bauxita  
35.400-000 Ouro Preto, Minas Gerais  
Tel. (31) 3559-1600, Fax: (31) 3559-1606

Direitos de tradução e reprodução reservados.

Nenhuma parte desta publicação poderá ser gravada, armazenada em sistemas eletrônicos, fotocopiada ou reproduzida por meios mecânicos ou eletrônicos ou utilizada sem a observância das normas de direito autoral.

Revisão geral: Suzan Lira Goulart de Moura

Catálogo elaborado pela Biblioteca Prof. Luciano Jacques de Moraes do  
Sistema de Bibliotecas e Informação - SISBIN - Universidade Federal de Ouro Preto

## SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

M929c Moura, Suzan Lira Goulart de .  
Caracterização químico-mineralógica das rochas encaixantes das  
mineralizações auríferas da mina Cata Preta, distrito Santa Rita Durão, Mariana,  
Minas Gerais. [manuscrito] / Suzan Lira Goulart de Moura. - 2019.  
68 f.

Orientador: Prof. Me. Edison Tazava.  
Coorientadora: Profa. Raianny Carolini Ramos Ferreira.  
Monografia (Bacharelado). Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de  
Minas.

1. Ouro. 2. Jacutinga (MG). 3. Cinturões orogênicos. 4. Determinação  
mineralógica. I. Ferreira, Raianny Carolini Ramos. II. Tazava, Edison. III.  
Universidade Federal de Ouro Preto. IV. Título.

CDU 552.22/.23

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

## Ficha de Aprovação

---

### TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**TÍTULO:** Caracterização Químico-Mineralógica das Rochas Encaixantes das Mineralizações Auríferas da Mina da Cata Preta, Distrito Santa Rita Durão, Mariana, Minas Gerais

**AUTORA:** Suzan Lira Goulart de Moura

**ORIENTADOR:** Edison Tazava

**Aprovada em:** 12 de dezembro de 2019

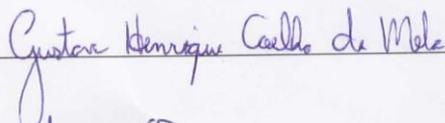
#### BANCA EXAMINADORA:

Prof. Edison Tazava



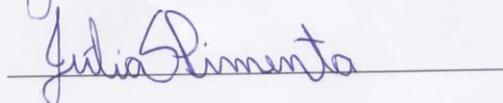
DEGEO/UFOP

Prof. Gustavo Henrique C. de Melo



DEGEO/UFOP

Júlia de Souza Pimenta



DEGEO/UFOP

Ouro Preto, 12/12/2019



## Agradecimentos

---

Agradeço, primeiramente, à minha tia Sueli, sem você nada disso seria possível. Aos meus pais, Solange e Luiz, pelo apoio incondicional. Aos meus irmãos Nicolas, Isabelle e Fernando, por tornarem minhas visitas sempre divertidas. Ao Bruno pela paciência (foi difícil, eu sei), carinho e companheirismo. À Camila, ao Ciro e ao Renato, a ajuda de vocês nesta reta final foi imprescindível. À toda família Goulart e Moura, em especial, tia Ré e tio Armando, a generosidade de vocês é incrível.

Ao professor Edison Tazava, meu muito obrigada pela orientação e bom humor de sempre. À Raianny por todos os ensinamentos, e revisões, que fizeram de mim uma pessoa melhor (e profissional também).

Muito obrigada.



# SUMÁRIO

---

<b>AGRADECIMENTOS</b> .....	<b>ix</b>
<b>SUMÁRIO</b> .....	<b>xi</b>
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	<b>xiii</b>
<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	<b>xv</b>
<b>RESUMO</b> .....	<b>xvii</b>
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>1</b>
1.1 APRESENTAÇÃO .....	1
1.2 ESTRUTURAÇÃO DA MONOGRAFIA .....	1
1.3 LOCALIZAÇÃO E VIAS DE ACESSO .....	2
1.4 OBJETIVOS.....	2
1.5 JUSTIFICATIVA .....	3
1.6 MATERIAIS E MÉTODOS .....	3
1.6.1 Trabalhos preliminares.....	3
1.6.2 Trabalho de campo.....	3
1.6.3 Dados de produção .....	4
1.6.4 Descrições petrográficas .....	4
1.6.5 Microscopia eletrônica de varredura (MEV) .....	4
1.6.6 Litogeoquímica .....	4
1.6.7 Tratamento de dados .....	5
<b>2 CONTEXTO GEOLÓGICO</b> .....	<b>7</b>
2.1 INTRODUÇÃO.....	7
2.2 ESTRATIGRAFIA.....	8
2.2.1 Terrenos granito-gnáissicos arqueanos .....	9
2.2.2 Supergrupo Rio das Velhas.....	10
2.2.3 Supergrupo Minas .....	13
2.3 ARCABOUÇO ESTRUTURAL E EVOLUÇÃO TECTÔNICA .....	17
<b>3 MINERALIZAÇÕES AURÍFERAS</b> .....	<b>21</b>
3.1 DEPÓSITOS AURÍFEROS OROGENÉTICOS.....	21
3.2 DEPÓSITOS AURÍFEROS DO TIPO JACUTINGA .....	24
<b>4 TRABALHOS ANTERIORES</b> .....	<b>29</b>
4.1 INTRODUÇÃO.....	29
4.2 ESTRATIGRAFIA DA FOLHA SANTA RITA DURÃO.....	29
4.2.1 Complexo Santa Bárbara .....	29

4.2.2 Supergrupo Rio das Velhas .....	31
4.2.3 Supergrupo Minas .....	32
4.3 GEOLOGIA ESTRUTURAL.....	33
4.4 MINA DA CATA PRETA.....	35
<b>5 GEOLOGIA LOCAL .....</b>	<b>37</b>
5.1 INTRODUÇÃO .....	37
5.2 COMPLEXO SANTA BÁRBARA .....	38
5.3 SUPERGRUPO RIO DAS VELHAS .....	39
5.4 SUPERGRUPO MINAS.....	40
5.4.1 Grupo Caraça.....	40
5.4.2 Grupo Itabira Indiviso .....	41
5.4.3 Grupo Piracicaba .....	43
5.5 GEOLOGIA ESTRUTURAL.....	44
<b>6 CARACTERIZAÇÃO PETROGRÁFICA DAS ROCHAS ENCAIXANTES DAS MINERALIZAÇÕES AURÍFERAS .....</b>	<b>47</b>
6.1 INTRODUÇÃO .....	47
6.2 LITOTIPOS DA FORMAÇÃO CERCADINHO.....	47
6.2.1 Quartzito ferruginoso .....	47
6.2.2 Veio de quartzo .....	49
6.2.3 Turmalinito.....	49
6.3 BREVES CONSIDERAÇÕES .....	52
<b>7 ANÁLISE GEOQUÍMICA.....</b>	<b>53</b>
7.1 CARACTERÍSTICAS GEOQUÍMICAS DAS ROCHAS ANALISADAS .....	53
<b>8 CONCLUSÕES .....</b>	<b>59</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>61</b>

## INDÍCE DE FIGURAS

---

<b>Figura 1.1:</b> Localização e vias de acesso da área de estudo. ....	2
<b>Figura 1.2:</b> Fluxograma do procedimento de digestão total realizado para as amostras.....	5
<b>Figura 2.1:</b> Mapa regional do Cráton São Francisco, mostrando a localização do Quadrilátero Ferrífero e dos lobos sul e nordeste. ....	7
<b>Figura 2.2:</b> Mapa regional do Quadrilátero Ferrífero.....	8
<b>Figura 2.3:</b> Coluna estratigráfica do Quadrilátero Ferrífero.....	9
<b>Figura 3.1:</b> Ambientes tectônicos de depósitos auríferos epigenéticos, com destaque para Au- rogenético. ....	21
<b>Figura 3.2:</b> Depósitos auríferos orogenéticos e sua profundidade de ocorrência.....	23
<b>Figura 3.3:</b> Diagrama esquemático da origem, fluxo e deposição do fluido.....	24
<b>Figura 3.4:</b> Localização dos depósitos auríferos do tipo <i>Jacutinga</i> no Quadrilátero Ferrífero .....	25
<b>Figura 5.1:</b> Mapa geológico simplificado da área de estudo.....	37
<b>Figura 5.2:</b> Coluna estratigráfica esquemática da região de estudo. ....	38
<b>Figura 5.3:</b> Fotos dos afloramentos do Complexo Santa Bárbara.....	39
<b>Figura 5.4:</b> Fotos dos afloramentos do Supergrupo Rio das Velhas. ....	40
<b>Figura 5.5:</b> Fotos dos afloramentos do Grupo Caraça.....	41
<b>Figura 5.6:</b> Fotos dos afloramentos da Formação Cauê, Grupo Itabira. ....	42
<b>Figura 5.7:</b> Fotos dos afloramentos da Formação Cauê, Grupo Itabira. ....	42
<b>Figura 5.8:</b> Fotos dos afloramentos do Grupo Piracicaba. ....	43
<b>Figura 5.9:</b> Fotos dos afloramentos do Grupo Piracicaba. ....	44
<b>Figura 5.10:</b> Estereograma de contorno ao polo do acamamento e foliação (Sn).....	45
<b>Figura 5.11:</b> Diagrama estereográfico de contorno ao polo da foliação (Sn+1). ....	46
<b>Figura 5.12:</b> Diagrama estereográfico de contorno ao polo dos veios mineralizados e estéreis. .....	46

<b>Figura 6.1:</b> Fotomicrografias da lâmina SM-01A.....	48
<b>Figura 6.2:</b> Fotomicrografias da lâmina SM-01A.....	48
<b>Figura 6.3:</b> Imagem de elétrons retroespalhados da lâmina SM-01A..	48
<b>Figura 6.4:</b> Fotomicrografias da lâmina SM-01C.....	49
<b>Figura 6.5:</b> Fotomicrografias da lâmina SM-01B.....	50
<b>Figura 6.6:</b> Fotomicrografias da lâmina SM-03. ....	51
<b>Figura 6.7:</b> Imagem de elétrons retroespalhados da lâmina SM-03. ....	51
<b>Figura 6.8:</b> Fotomicrografias da lâmina SM-01B.....	52
<b>Figura 7.1:</b> Diagramas binários para amostras de formações ferríferas do tipo <i>jacutinga</i> provenientes de diferentes minas do Quadrilátero Ferrífero.....	57

## ÍNDICE DE TABELAS

---

<b>Tabela 1.1:</b> Dados de produção. ....	4
<b>Tabela 5.1:</b> Medidas estruturais efetuadas em campo. ....	45
<b>Tabela 7.1:</b> Resultados analíticos dos elementos maiores e menores convertidos para porcentagem de peso dos óxidos. ....	53
<b>Tabela 7.2:</b> Resultados da análise de elementos traço das amostras coletadas. ....	54
<b>Tabela 7.3:</b> Concentração de elementos maiores, menores e traço para formações ferríferas do tipo jacutinga de diferentes depósitos do Quadrilátero Ferrífero. ....	55



## Resumo

---

Situado na borda sul do Cráton São Francisco, o Quadrilátero Ferrífero, importante distrito metalogenético, abriga significativos depósitos auríferos, tendo sido, do início do século XVIII ao fim da década de setenta, a região que mais explotou ouro no Brasil, com produção histórica ultrapassando 1.000 toneladas. Na região, os depósitos de ouro podem associar-se ao *greenstone belt* Rio das Velhas (sequência metavulcanossedimentar arqueana do Supergrupo Rio das Velhas), aos metaconglomerados da Formação Moeda e às formações ferríferas da Formação Cauê (rochas metassedimentares paleoproterozóicas do Supergrupo Minas). Na Mina da Cata Preta as mineralizações auríferas situam-se no flanco leste invertido do Sinclinal Santa Rita, que se apresenta cisalhado no contato do itabirito da Formação Cauê sobre o quartzito da Formação Cercadinho, rochas encaixantes das mineralizações do tipo jacutinga e orogênica, respectivamente. Na mina, os antigos trabalhos mineiros foram desenvolvidos, nos quartzitos ferruginosos pertencentes a Formação Cercadinho, através da instalação de dezenas de galerias que seguem a direção dos veios quartzosos e, os itabiritos manganésíferos pertencentes a Formação Cauê, foram lavrados a céu aberto na região na forma de catas. As amostras das rochas hospedeiras da mineralização aurífera do tipo jacutinga, analisadas neste estudo, possuem uma química de rocha total bastante simples, sendo constituída, essencialmente, por MnO, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> e Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Essas mesmas amostras, quando comparadas aos dados disponíveis na bibliografia, exibem um altíssimo enriquecimento em MnO e uma significativa depleção nos valores de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, valores esses que se justificam pela mineralogia da rocha hospedeira que, na área de estudo, constituem bolsões de rochas escuras brechadas cuja matriz é composta por óxido de manganês impregnada por especularita. Os sistemas de veios quartzosos, pertencentes à Formação Cercadinho, hospedeiros do minério aurífero orogênico, orientam-se na região segundo NE-SW e, quando se encontram (sub) paralelos à foliação (mergulhando para SE) e possuem suas bordas assinaladas por turmalinitos finos, são comumente mineralizados, sendo utilizados como guia prospectivo.

**Palavras chave:** Ouro, jacutinga, orogênico.



# CAPITULO 1

## INTRODUÇÃO

---

### 1.1 APRESENTAÇÃO

A presente monografia apresenta os resultados obtidos durante o Trabalho de Conclusão de Curso, do Departamento de Geologia (DEGEO), da Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP), sob a orientação do Prof. MSc. Edison Tazava e da Pesquisadora em Geociências Raianny Ferreira (CPRM/SGB). O trabalho foi realizado no âmbito da disciplina “TCC-402”, durante o segundo semestre de 2019.

### 1.2 ESTRUTURAÇÃO DA MONOGRAFIA

A dissertação encontra-se organizada conforme os seguintes tópicos:

- **CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO:** Introduz ao leitor informações sobre a área de estudo, os objetivos e as justificativas do trabalho, além da metodologia adotada para o seu desenvolvimento;
- **CAPÍTULO 2 - CONTEXTO GEOLÓGICO:** Versa sobre o contexto geológico no qual o Quadrilátero Ferrífero encontra-se inserido;
- **CAPÍTULO 3 - MINERALIZAÇÕES AURÍFERAS:** Discorre sobre os diferentes tipos de mineralizações auríferas presentes na Mina da Cata Preta;
- **CAPÍTULO 4 - TRABALHOS ANTERIORES:** Dispõe sobre os trabalhos previamente executados na área de estudo;
- **CAPÍTULO 5 - GEOLOGIA LOCAL:** Apresenta a geologia do polígono investigado a partir da descrição macroscópica dos litotipos mapeados em campo;
- **CAPÍTULO 6 - CARACTERIZAÇÃO PETROGRÁFICA DAS ROCHAS ENCAIXANTES DAS MINERALIZAÇÕES AURÍFERAS:** Contém as descrições petrográficas e as análises de microscopia eletrônica de varredura (MEV) efetuadas para as rochas encaixantes da mineralização aurífera;
- **CAPÍTULO 7 - ANÁLISE GEOQUÍMICA:** Discorre sobre os resultados das análises geoquímicas realizadas nas rochas manganésíferas da Formação Cauê;
- **CAPÍTULO 8 - CONCLUSÕES:** Apresenta as conclusões deste Trabalho de Conclusão de Curso.

### 1.3 LOCALIZAÇÃO E VIAS DE ACESSO

A área de estudo localiza-se na região sudeste do estado de Minas Gerais, no distrito de Santa Rita Durão, que pertence ao município de Mariana. Seu polígono apresenta aproximadamente 16 Km<sup>2</sup> (vértices 7770293/664166; 7770293/667189; 7766768/664166; 7766768/667189, Projeção UTM, Datum WGS 84), abrangendo parte da folha Santa Rita Durão - SF.23-X-B-I-1-SO.

Distante aproximadamente 160 km de Belo Horizonte, o acesso à região é realizado partindo-se da BR-040 com destino à BR-356 (Rodovia dos Inconfidentes), em direção à Mariana, por cerca de 110 km. Posteriormente, segue-se a MG-129 até o trevo de acesso ao distrito Santa Rita Durão (Figura 1.1).

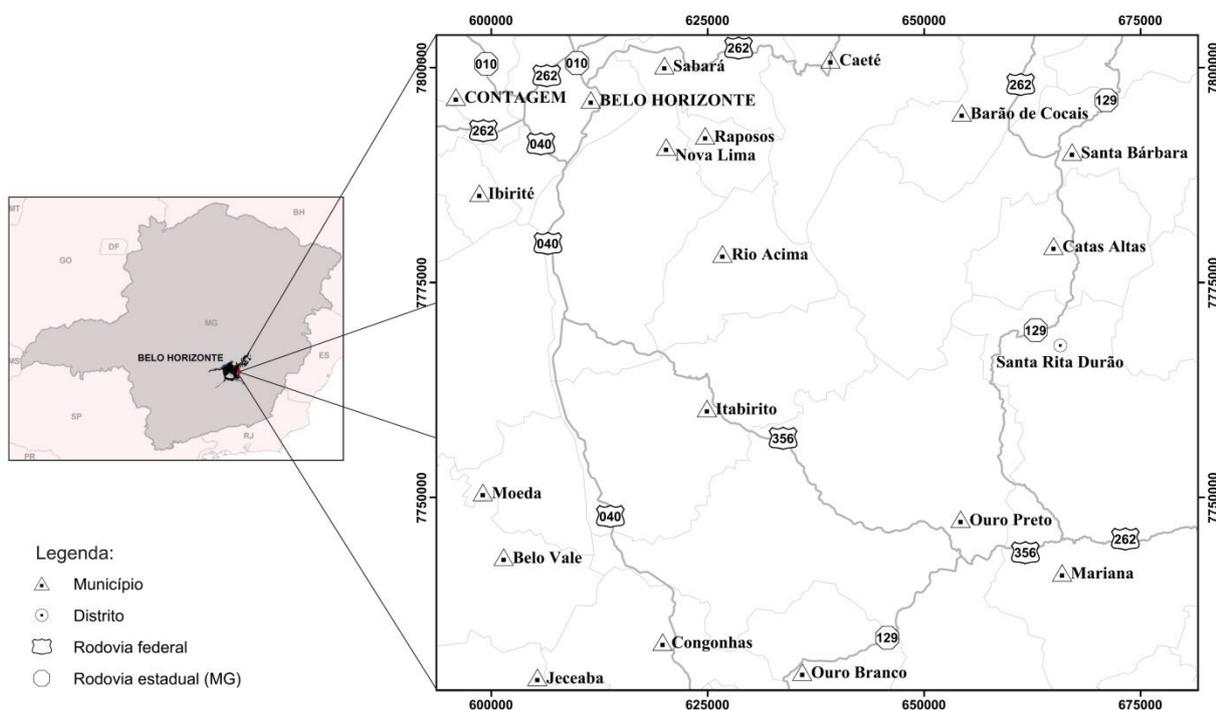


Figura 1.1: Localização e vias de acesso da área de estudo.

### 1.4 OBJETIVOS

O presente trabalho tem como objetivo a caracterização químico-mineralógica das rochas encaixantes das mineralizações auríferas da mina da Cata Preta. Para isso, realizaram-se revisões bibliográficas, uma etapa de trabalho de campo, estudos petrográficos, análises de microscopia eletrônica de varredura (MEV) e de geoquímica de elementos maiores e menores.

## **1.5 JUSTIFICATIVA**

A Mina da Cata Preta, área objeto de estudo deste trabalho, é uma das minas de ouro mais antigas do Brasil, tendo sua exploração iniciado no final do século XVII (Henwood 1871). Apesar de sua importância, histórica e econômica, poucos estudos foram realizados em suas mineralizações.

Trabalhos anteriores (Eschewege 1833; Hussak 1906; Ferreira Filho 1999; Cabral & Koglin 2014) definem os jazimentos auríferos presentes na mina como hospedadas em dois litotipos diferentes: em veios de quartzo que cortam os mica xistos e quartzitos, e em “carvoeiras” (itabiritos manganíferos encaixados em rochas quartzíticas e metaconglomeráticas).

Devido às controvérsias existentes em relação a natureza dos processos da mineralização e seu controle estrutural, o presente estudo visa contribuir para o conhecimento da mesma, sobretudo na caracterização de suas rochas encaixantes.

## **1.6 MATERIAIS E MÉTODOS**

### **1.6.1 Trabalhos preliminares**

Os trabalhos preliminares incluíram a realização das revisões bibliográficas e a preparação do trabalho de campo. O levantamento bibliográfico estendeu-se por todas as fases de confecção do trabalho, sendo pormenorizado na região da mina de Cata Preta em Santa Rita Durão, distrito de Marina, procurando enfatizar os aspectos geológico-estruturais das mineralizações auríferas presentes na região.

A preparação do trabalho de campo foi baseada no Mapa Geológico do Estado de Minas Gerais, cartografado em escala 1:1.000.000, elaborado pela CPRM. Utilizaram-se também, mapas base, com enfoque na região de estudo, confeccionados por Rossi (2010).

### **1.6.2 Trabalho de campo**

As atividades de campo foram realizadas entre 22 a 26 de outubro de 2018, tendo sido estruturado da seguinte maneira:

- i. Reconhecimento geral da área estudada;
- ii. Detalhamento geológico-estrutural das rochas aflorantes e amostragem de antigos locais de exploração;
- iii. Confecção do perfil geológico A-B.

As tabelas contendo as descrições dos pontos, as medidas estruturais e as análises efetuadas encontram-se disponíveis nos Apêndices 3, 4 e 5.

### 1.6.3 Dados de produção

Os dados de produção estão sintetizados na Tabela 1.1

**Tabela 1.1:** Dados de produção.

<b>Dados de Produção</b>	
Período de campo	22 a 26/10/2018
Dias de campo	5
Número de pontos	33
Amostras coletadas	7
Medidas estruturais	101
Lâminas confeccionadas	4
Análises de MEV	3
Análises geoquímicas	3

### 1.6.4 Descrições petrográficas

As principais rochas hospedeiras da mineralização aurífera foram amostradas e quatro lâminas delgadas-polidas foram confeccionadas pelo Laboratório de Laminação do Departamento de Geologia (LAMIN/DEGEO), na Universidade Federal de Ouro Preto. Posteriormente, as lâminas foram analisadas e fotografadas sob luz transmitida e refletida, em microscópio ótico da marca Olympus. Objetivou-se a caracterização das fases minerais, seus aspectos microtexturais além dos processos de alteração hidrotermal presentes na rocha.

### 1.6.5 Microscopia eletrônica de varredura (MEV)

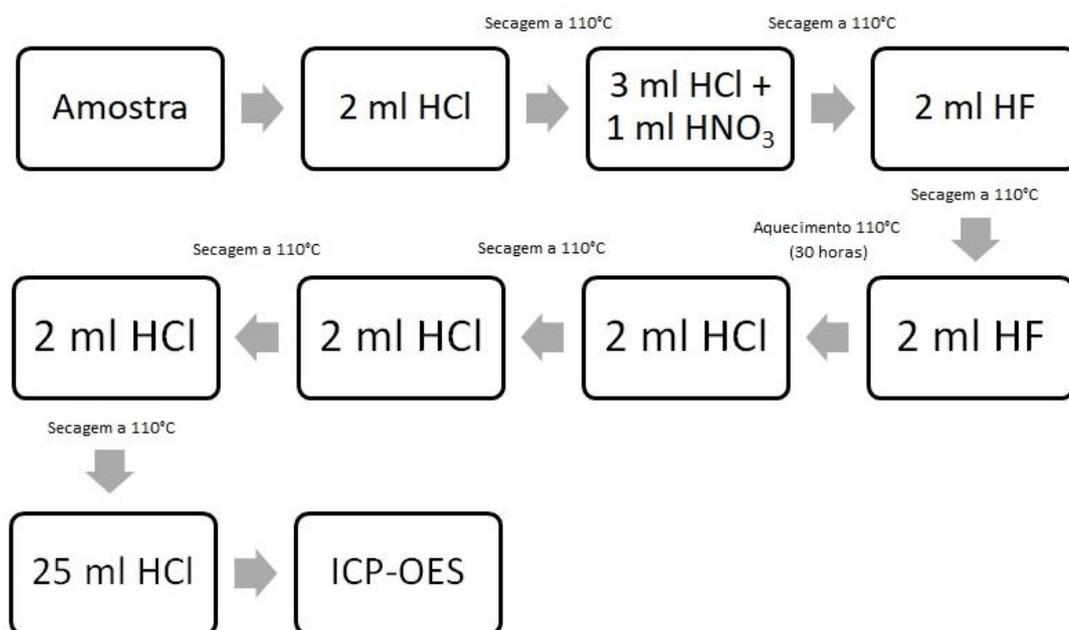
Ao longo das análises das lâminas delgadas-polidas não foi possível identificar certas fases minerais opacas somente com o auxílio do microscópio ótico. Logo, alvos foram determinados nos minerais não identificados e, análises de Microscopia Eletrônica de Varredura acoplada a espectrômetro de energia dispersiva (MEV-EDS) efetuadas pelo Laboratório de Microscopia e Microanálises (LMic) da Universidade Federal de Ouro Preto.

### 1.6.6 Litogeoquímica

Para determinação dos elementos maiores (abundância maior que 1%), menores (abundância entre 1% e 0,01%) e traços (abundância inferior a 0,01%), análises por Espectrometria de Emissão

Óptica com Plasma Indutivamente Acoplado (ICP-OES) foram realizadas no Laboratório de Geoquímica (LGqA) da UFOP, nas três amostras de “carvoeiras” coletadas em campo.

O procedimento consistiu na pesagem de 0,250 gramas de amostra e sua digestão total, através de sucessivas adições de HCl, HNO<sub>3</sub> e HF, conforme explicitado pela Figura 1.2.



**Figura 1.2:** Fluxograma do procedimento de digestão total realizado para as amostras analisadas.

Após as adições, os elementos maiores e menores dissolvidos na solução foram quantificados através de análises realizadas por espectrômetro de emissão ótica com plasma indutivamente acoplado, modelo 700 series ICP-OES da Agilente Technologies.

As tabelas contendo os resultados obtidos estão disponíveis no Apêndice 8.

### 1.6.7 Tratamento de dados

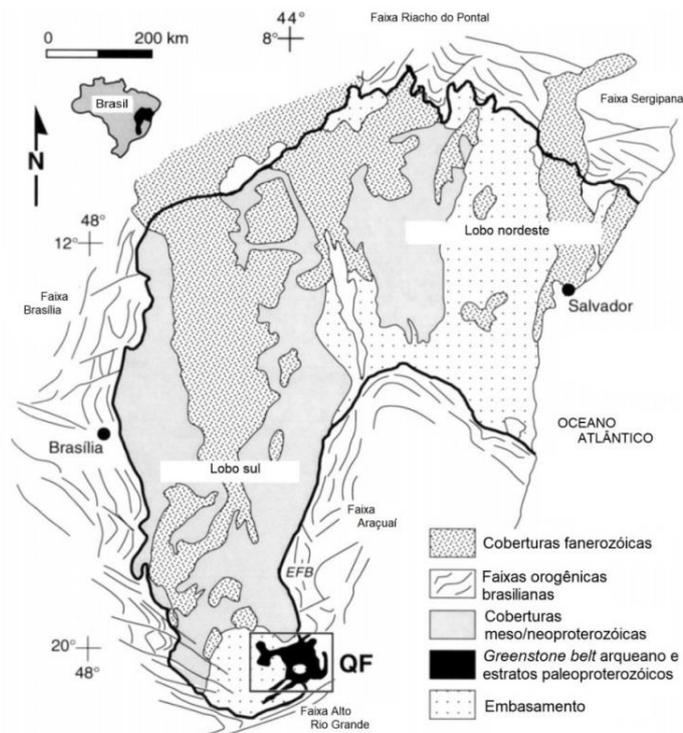
O tratamento e análise dos dados foram realizados com o auxílio dos *softwares* Microsoft Excel, Corel Draw, OpenStereo e ArcGis. Os produtos obtidos foram posteriormente compilados em tabelas específicas e discutidos no corpo da monografia.

A fase final do trabalho consistiu na integração dos dados levantados em campo, juntamente com as descrições petrográficas e os resultados obtidos pelas análises geoquímicas para a redação da presente monografia, com o auxílio do *software* Microsoft Word.

Moura, S. L. G. 2019, Caracterização químico-mineralógica das rochas encaixantes das mineralizações...

### 2.1 INTRODUÇÃO

Localizado na borda sul do Cráton São Francisco (Figura 2.1), possuindo cerca de 7.000 km<sup>2</sup> de área, o relevante distrito metalogenético denominado Quadrilátero Ferrífero, abriga significativos depósitos auríferos, tendo sido, do início do século XVIII ao fim da década de setenta, a região que mais explotou ouro no Brasil, com produção histórica ultrapassando 1.000 toneladas, o que representa cerca de 40% da produção total do país (Ribeiro-Rodrigues *et al.* 2000 *in* Lobato *et al.* 2001b).



**Figura 2.1:** Mapa regional do Cráton São Francisco, mostrando a localização do Quadrilátero Ferrífero e dos lobos sul e nordeste. Modificado de Alkmim & Marshak (1998).

Devido a seus valiosos depósitos metalogenéticos associados à sua complexidade geológica, o Quadrilátero Ferrífero (Figura 2.2), configura a localidade mais intensamente estudada do Brasil (Farina *et al.* 2015). Eschewege (1833) delineou as principais características geológicas dos seus terrenos pré-cambrianos, propondo uma subdivisão estratigráfica segundo a teoria do netunismo proposta por Werner. Tempos depois, Derby (1901), atraiu a atenção da comunidade mineira ao publicar um trabalho focado nos depósitos ferríferos da região. Dorr *et al.* (1957), realiza os primeiros trabalhos de mapeamento geológico, mediante parceria entre o Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS) e o Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM). Os mapas geológicos

confeccionados nesta etapa, em escala 1:25.000, foram posteriormente integrados em escala 1:150.000 (Dorr 1969). Trabalhos regionais mais recentes se devem ao Programa de Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil, através do Projeto Rio das Velhas, executado por meio do convênio entre o Serviço Geológico do Brasil (CPRM) e o Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) que, a partir de 26 folhas cartografadas em escala 1:25.000, produziu o Mapa Geológico Integrado do Projeto Rio das Velhas, em escala 1:100.000 (Baltazar & Zucchetti 2000).

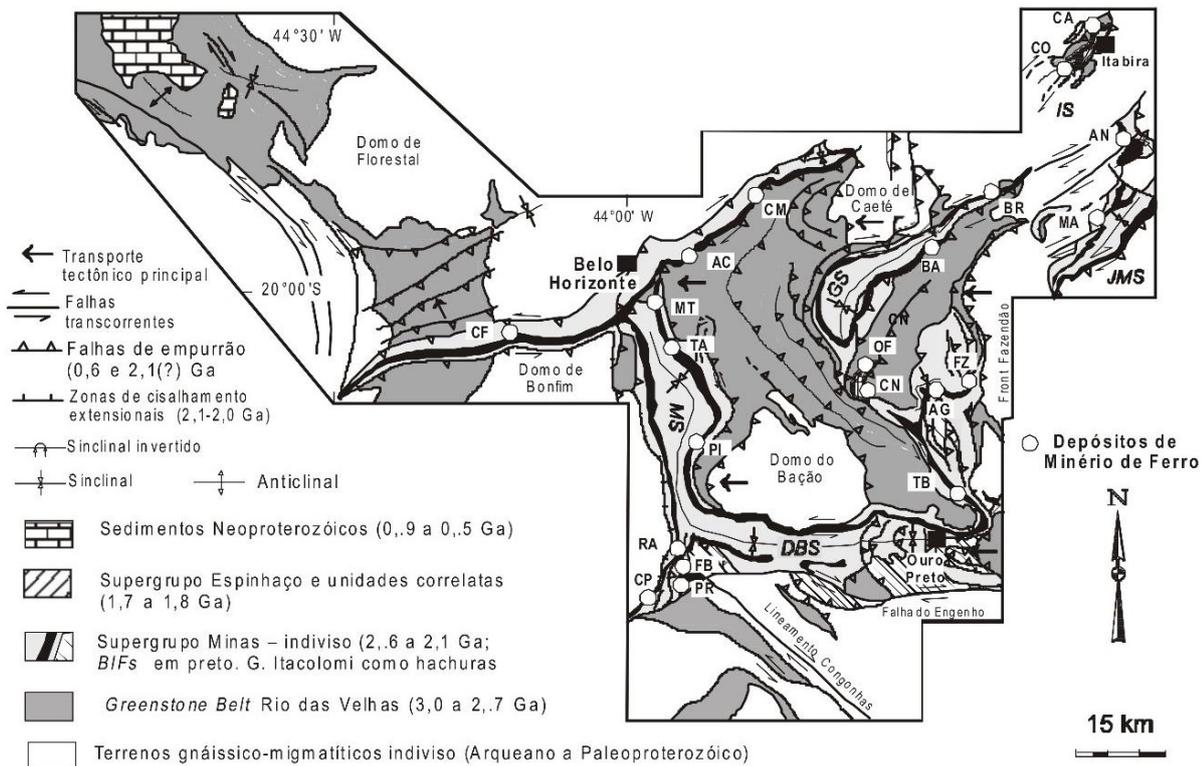
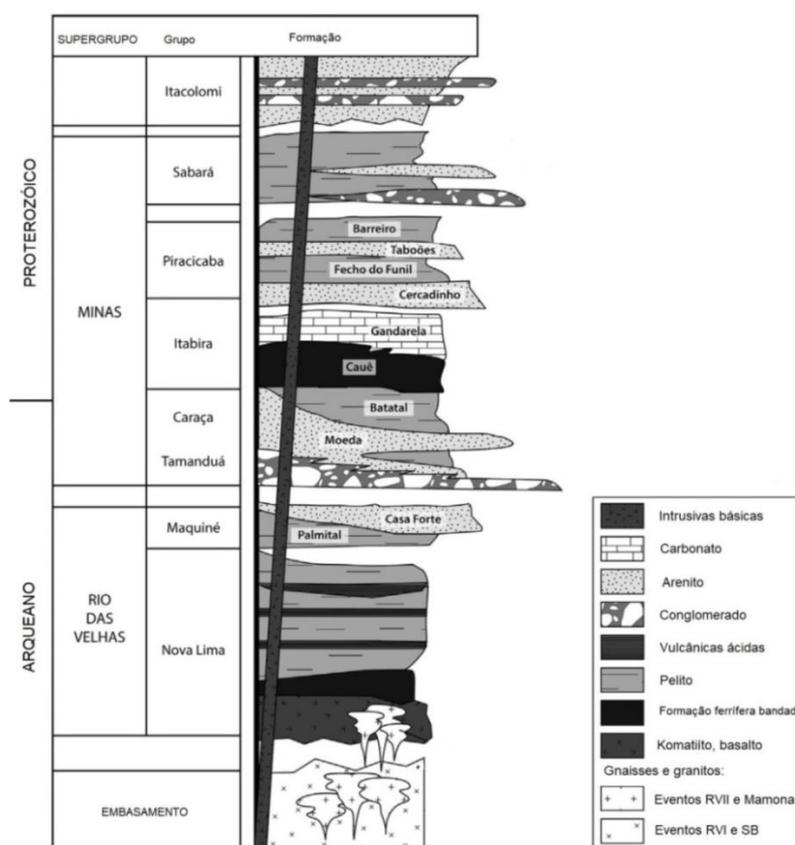


Figura 2.2: Mapa regional do Quadrilátero Ferrífero. Modificado de Rosière & Chemale (2000)

## 2.2 ESTRATIGRAFIA

O Quadrilátero Ferrífero consiste de três unidades principais: Complexos metamórficos arqueanos compostos por gnaisses, migmatitos e granitoides; sequências metavulcanossedimentares arqueanas do Supergrupo Rio das Velhas, e coberturas metassedimentares neoarqueanas-paleoproterozóicas do Supergrupo Minas e do Grupo Itacolomi (Farina *et al.* 2015). A Figura 2.3 apresenta a coluna estratigráfica proposta pelos autores.



**Figura 2.3:** Coluna estratigráfica do Quadrilátero Ferrífero. Modificado de Farina *et al.* (2015).

### 2.2.1 Terrenos granito-gnáissicos arqueanos

De acordo com Herz (1970), os terrenos granito-gnáissicos do Quadrilátero Ferrífero compreendem complexos metamórficos (Belo Horizonte, Caeté, Santa Bárbara e Bação) constituídos por ortognaisses – do tipo Tonalito-Trondhjemitó-Granodiorito (TTG) – e migmatitos, cujos protólitos ígneos são anteriores a 2920 Ma; e numerosos plútons, tonalíticos a graníticos, intrudidos há cerca de 2780-2760, 2720-2700 e 2600 Ma (Machado & Carneiro 1992; Machado *et al.* 1992; Noce *et al.* 1998).

Recentemente, Farina *et al.* (2015), subdividiram as rochas do embasamento cristalino em três grupos principais:

- i) ortognaisses bandados intrudidos por (ii) e (iii);
- ii) leucogranitos e veios e diques aplíticos/pegmatíticos;
- iii) granitos levemente foliados.

Segundo os autores, os ortognaisses caracterizam-se pela alternância entre bandas leucocráticas e mesocráticas ou, eventualmente, melanocráticas, cuja largura varia de 0,2 a 10cm, definindo uma foliação anfibolítica penetrativa. De acordo com Lana *et al.* (2013), os gnaisses são tipicamente intrudidos por camadas de leucogranitos, maciços ou foliados, orientados subparalelamente à xistosidade, cuja espessura alcança cerca de 60 cm. Assim como por diques aplíticos e pegmatíticos que cortam tanto os gnaisses quanto as camadas de leucogranito, cuja largura chega a aproximadamente 2 metros, encontrando-se geralmente pouco estirados e, ocasionalmente, levemente dobrados ou boudinados.

Uma revisão dos dados geocronológicos de idades U-Pb publicados para o embasamento do Quadrilátero Ferrífero foi efetuada por Farina *et al.* (2015, 2016), Lana *et al.* (2013) e Romano *et al.* (2013), possibilitando o reconhecimento de quatro eventos magmáticos principais. Tais períodos de atividade magmática, denominados Santa Bárbara (SB), Rio das Velhas I (RVI), Rio das Velhas II (RVII) e Mamona, abrangem uma significativa fração da história tectonomagmática arqueana da região (Farina *et al.* 2015). O primeiro pulso, fracamente preservado no Complexo Santa Bárbara, apresenta idade variando entre 3220 a 3200 Ma, representando a única crosta Paleoarqueana datada, até o momento, no Quadrilátero Ferrífero (Farina *et al.* 2015). Segundo Lana *et al.* 2013, a maioria dos gnaisses da região formaram-se durante os eventos Rio das Velhas I e II, tendo sido recentemente datados, por Farina *et al.* (2015), em 2850 Ma, e entre 2800 e 2760 Ma, respectivamente. A idade desses granitos sugere que o último evento metamórfico regional do Quadrilátero Ferrífero ocorreu no início do Neoarqueano, durante o evento Rio das Velhas II (Lana *et al.* 2013). O evento Mamona (Farina *et al.* 2015), representa um novo período de magmatismo difundido na região entre 2750 e 2680 Ma (Romano *et al.* 2013).

### 2.2.2 Supergrupo Rio das Velhas

O Supergrupo Rio das Velhas, termo proposto por Loczy & Ladeira (1976) para designar as rochas metavulcanossedimentares que cercam os terrenos gnáissicos do Quadrilátero Ferrífero, foi originalmente definido como “Série Rio das Velhas” (Dorr *et al.* 1957), a qual conteria todas as rochas xistosas até então mapeadas, mais antigas que a Série Minas. Almeida (1976) reconhece a arquitetura “*greenstone belt* arqueana”, caracterizada pela associação entre rochas máficas e ultramáficas, vulcânicas e vulcanoclásticas, além de sedimentos clásticos imaturos.

A primeira divisão proposta para o Supergrupo foi efetuada por Dorr (1969), tendo o Grupo Nova Lima como unidade basal, sobreposto pelo grupo Maquiné. Posteriormente, a CPRM realizou no Quadrilátero Ferrífero, de 1992 a 1996, o mapeamento do *greenstone belt* Rio das Velhas, em escala 1:25.000, subdividindo os Grupos Nova Lima e Maquiné em unidades informais, baseando-se no

reconhecimento de litofácies sedimentares e vulcanossedimentares, suas relações estratigráficas e seu agrupamento (Baltazar *et al.* 1995; Baltazar & Silva 1996; Pedreira & Silva 1996; Baltazar & Pedreira 1996, 1998; Zucchetti *et al.* 1998).

O Supergrupo Rio das Velhas possui grande relevância econômica, hospedando no Grupo Nova Lima, os maiores depósitos de ouro da região do Quadrilátero Ferrífero (Lobato *et al.* 2001a). Os corpos auríferos são estruturalmente controlados e ocorrem associados às alterações hidrotermais localizadas ao longo zonas de cisalhamento arqueanas (Baltazar & Zucchetti 2007). Ocorrem também, mineralizações e jazidas de grande porte de manganês, como as de Conselheiro Lafaiete, além de ocorrências de topázio imperial, esmeraldas e de rochas e minerais não-metálicos industriais (Rossi 2010).

### **Grupo Nova Lima**

O Grupo Nova Lima, unidade basal do Supergrupo Rio das Velhas, compreende uma clássica sucessão *greenstone* composta por rochas ultramáficas inferiores, sucedidas por rochas vulcânicas máficas, apresentando, subordinadamente, rochas vulcânicas félsicas, sedimentares químicas, clásticas e vulcanoclásticas (Lobato *et al.* 2001a).

Ladeira (1980) e Oliveira *et al.* (1983), propõem uma série de subdivisões informais das rochas do Grupo Nova Lima baseando-se nas distribuições dos distritos auríferos. Posteriormente, Baltazar & Pedreira (1996; 1998), subdividiram o Grupo Nova Lima em cinco litofácies geneticamente relacionadas, identificadas nos blocos São Bartolomeu, Nova Lima, Caeté e Santa Bárbara. Baltazar & Zucchetti (2007) estabeleceram uma nova subdivisão para o grupo, baseando-se nos critérios de Eriksson *et al.* (1994), reconhecendo sete diferentes litofácies sedimentares, sendo elas, da base para o topo: (i) *Litofácies metavulcânica máfica-ultramáfica*: composta por lavas máficas-ultramáficas, com pequenas intrusões de gabro, anortosito e peridotito, e intercalações de formação ferrífera bandada, chert ferruginoso, pelito carbonoso, turbiditos e raras rochas vulcanoclásticas félsicas; (ii) *Litofácies metassedimentar vulcano-química*: compreendendo basaltos toleíticos intercalados com abundantes formações ferríferas bandadas e chert ferruginoso, e rochas sedimentares clásticas subordinadas, tais como turbiditos e pelitos carbonosos; (iii) *Litofácies metassedimentar clasto-química*: marcada pela alternância entre pelitos, formação ferrífera bandada, com chert e xistos carbonosos subordinados; (iv) *Litofácies metavulcanoclástica*: constituída por rochas vulcanoclásticas félsicas e máficas, nas quais ocorrem lentes dacíticas tectonicamente intercaladas com fluxos basálticos; (v) *Litofácies ressedimentada*: composta por três diferentes sequências de grauvaça-argilito, (vi) *Litofácies litorânea*: constituída por arenitos com diferentes

estruturas sedimentares e (vii) *Litofácies não-marinha*: correspondem à Formação Casa Forte do Grupo Maquiné e compreendem arenitos conglomeráticos à finos.

A idade máxima de deposição do Grupo Nova Lima foi determinada através da datação de três amostras de grauvas vulcanoclásticas, que obtiveram idades  $2792 \pm 11$ ,  $2773 \pm 7$  e  $2751 \pm 9$  Ma, indicando cerca de 40 Ma de vulcanismo félsico no Quadrilátero Ferrífero (Machado *et al.* 1992; 1996; Noce *et al.* 2005). Análises de rocha total Sm-Nd, efetuadas por Lobato *et al.* (2001b), dataram o vulcanismo basáltico em  $2927 \pm 180$  Ma.

### **Grupo Maquiné**

Sobreposto ao Grupo Nova Lima, através de contatos que ocorrem ora de forma gradacional, ora segundo uma descontinuidade angular e, ora marcado por zonas de falhas, o Grupo Maquiné representa uma associação clástica com cerca de 2.000 metros de espessura, compreendendo conglomerados e arenitos, descritos como um depósito do tipo molassa-*flysh* (Dorr 1969)

O Grupo Maquiné subdivide-se nas Formações Palmital (O'Rourke 1957), basal, e Casa Forte (Gair 1962). Segundo Baltazar & Zucchetti (2000), a Formação Palmital é constituída por quartzomica xisto com intercalações de quartzito micáceo e horizontes subordinados de metaconglomerado polimítico, tendo sido sedimentada em ambiente marinho. Por sua vez, a Formação Casa Forte, é representada por quartzito sericítico com intercalações de metaconglomerado polimítico e horizontes xistosos com cloritóide, sendo interpretada como depositada em ambiente fluvial, do tipo rio entrelaçado (Baltazar & Zucchetti 2000; Farina *et al.* 2015).

Devido à falta de uma clara discordância entre a Formação Palmital e o Grupo Nova Lima, Baltazar & Zucchetti (2007), associa as rochas pertencentes ao Grupo Maquiné à unidade clástica superior, litofácies (vii), composta por uma associação não-marinha, definida no Grupo Nova Lima. Ademais, o trabalho evidencia também a fonte mista dos sedimentos do grupo, que possui significativa contribuição das rochas vulcânicas félsicas do *greenstone belt* Rio das Velhas e da crosta arqueana retrabalhada.

O início e o término da sedimentação do Grupo Maquiné não são bem estabelecidos. Uma amostra de quartzito da porção superior do grupo, datada em zircões detríticos denotou as seguintes idades U-Pb: três concordantes em  $3261 \pm 2$ ,  $2898 \pm 3$  e  $2877 \pm 3$  Ma, enquanto outras duas exibem idade mínima de 3006 e 2913 Ma (Machado *et al.* 1996). A mesma amostra contém monazita euédrica, datadas em Pb-Pb, resultando nas idades de 2020 Ma (3,3% discordante) e 1989 Ma (2% discordante) (Schrank & Machado 1996). Recentemente, Moreira & Lana (2015), realizaram datações U-Pb em cerca de 1500 grãos de zircão, provenientes de diferentes unidades do grupo. Os dados

determinaram a idade máxima de deposição em 2730 Ma e indicaram que a principal fonte da bacia são rochas formadas entre 2760 e 2800 Ma.

### 2.2.3 Supergrupo Minas

O Supergrupo Minas é considerado uma sequência metassedimentar de idade Paleoproterozóica (Machado *et al.* 1996; Babinski *et al.* 1991), que ocorre sobre as unidades do Supergrupo Rio das Velhas e dos terrenos granito-gnáissicos arqueanos em nítida discordância erosiva (Dorr 1969; Ladeira & Viveiros 1984), e reproduzem a existência de um ciclo de Wilson no início do paleoproterozóico (Alkmim & Martins-Neto 2012). O Supergrupo Minas pode ser subdividido em duas sequências sedimentares separadas por uma discordância regional (Alkmim & Martins-Neto 2012). Composta por sedimentos continentais e marinhos (Dorr 1969; Renger *et al.* 1995), a sequência basal representa o estágio de desenvolvimento de margem passiva (Schorscher 1992; Canuto 2010). Enquanto o Grupo Sabará, sobreposto à sequência basal, interpretado como depósito de *fan* submarino, marca a inversão da margem passiva (Alkmim & Marshak 1998).

Constitui-se, da base para o topo, por quatro unidades sedimentares: a primeira predominantemente clástica (Grupos Tamanduá e Caraça), uma segunda composta por rochas químicas, com carbonatos e formações ferríferas (Grupo Itabira), a terceira constituída por metassedimentos clásticos com rochas metassedimentares químicas subordinadas (Grupo Piracicaba) e, uma quarta interpretada como uma sequência do tipo *flysch* (Grupo Sabará) (Renger *et al.* 1994; Alkmim & Marshak 1998).

Em termos metalogênicos o Supergrupo Minas hospeda, além de jazidas de ferro e manganês, importantes depósitos auríferos (Rossi 2010). Segundo Lobato *et al.* (2001a), os depósitos de ouro ocorrem em: (i) sistemas de fraturas associados às falhas transcorrentes que cortam as rochas do Grupo Itabira, conhecidos como jacutinga, (ii) veios de quartzo situados no contato entre as rochas do Grupo Caraça e do Supergrupo Rio das Velhas e, (iii) metaconglomerados do tipo Witwatersrand da Formação Moeda.

### Grupos Tamanduá e Caraça

As unidades basais do Supergrupo Minas consistem de metassedimentos depositados em ambiente fluvial e marinho de águas rasas, que representam as fases rifte e transicional do estágio desenvolvimento de uma bacia de margem passiva (Renger *et al.* 1994; Alkmim & Marshak 1998).

O início do processo de rifteamento é marcado pela deposição do Grupo Tamanduá e da unidade basal do Grupo Caraça, a Formação Moeda (Dorr 1969).

Aflorante em áreas pequenas e descontínuas a assembleia litológica do Grupo Tamanduá compreende, predominantemente, quartzitos, xistos quartzosos, xistos argilosos e, subordinadamente, itabiritos dolomíticos e filíticos (Dorr 1969). Segundo o autor, o contato com o Grupo Maquiné se dá através de uma descontinuidade erosiva.

O Grupo Caraça é composto pelas Formações Moeda e Batatal, sendo caracterizado como um depósito do tipo *blanket* - que possui maior extensão lateral que espessura - estando em contato com as rochas do *greenstone* por meio de uma discordância angular erosiva (Dorr 1969).

A Formação Moeda é constituída por ortoquartzitos, quartzitos, conglomerados com pirita detrítica, filitos, sericita quartzitos e filitos quartzosos (Schorscher 1992). Representando um sistema deposicional de rios entrelaçados, localmente alternados com depósitos deltaicos e de praia, assim como finos depósitos formados durante transgressões marinhas (Villaça 1981; Canuto 2010). Segundo Renger (1988), alguns dos metaconglomerados basais exibem camadas de pirita detrítica com concentrações econômicas de ouro.

O ciclo de sedimentação do Grupo Caraça termina com a deposição da Formação Batatal (Dorr 1969) e, o contato com a Formação Moeda ocorre, comumente, de forma abrupta. Contudo, localmente, as unidades podem apresentar contato intergradacional (Wallace 1965).

A assembleia litológica da Formação Batatal abrange filitos, filitos grafitosos, metachert e itabiritos (Shorscher 1992). Sua sedimentação reflete a transição do sistema deposicional fluvial para marinho a marinho costeiro (Moraes 1985), registrando a passagem do período de abertura do rifte para o estágio de margem passiva (Alkmim & Marshak 1998).

A idade máxima de sedimentação do Grupo Tamanduá foi determinada em  $2676 \pm 23$  Ma, por Koglin *et al.* (2014), através de datações U-Pb em amostras de quartzitos. Contudo, de acordo com Farina *et al.* (2015), a idade de deposição da Formação Moeda ainda é controversa. Hartmann *et al.* (2006) propôs uma idade de  $2580 \pm 8$  Ma, baseado em datação U-Pb de um grão de zircão proveniente de uma amostra de quartzito do topo da Serra da Moeda. Machado *et al.* (1996) determinou uma idade levemente superior, para três amostras de quartzito coletadas próximo à Ouro Preto, datados em  $2606 \pm 47$ ,  $2649 \pm 16$  e  $2651 \pm 14$  Ma, respectivamente. Recentemente, Koglin *et al.* (2014) reestabeleceu a idade máxima deposicional, para a parte superior da Formação Moeda, em  $2326 \pm 14$  Ma, por meio de datações U-Pb em grãos de zircão do sul da Serra do Gandarela.

## **Grupo Itabira**

As rochas do Grupo Itabira ocorrem de forma intercalada aos metapelitos da Formação Batatal e marcam um período de sedimentação química rica em ferro, durante uma ampla transgressão

marinha (Dorr 1969). Segundo Alkmim & Marshak (1998), as rochas do Grupo Itabira registram o completo desenvolvimento de uma bacia de margem passiva ao longo da borda sul do antigo Cráton São Francisco. O evento de transgressão marinha, de acordo com Dorr (1969) e Babinski *et al.* (1995), levou a acumulação dos depósitos de formação ferrífera da Formação Cauê e, posteriormente, dos carbonatos ricos em estromatólitos da Formação Gandarela.

A Formação Cauê, base do Grupo Itabira, é representada por formações ferríferas bandadas, dolomíticas e anfibolíticas, do tipo Lago Superior, corpos hematíticos compactos e filitos (Babinski *et al.* 1995). Hospedando depósitos de hematita de classe mundial e produzindo mais de 180 Mt por ano, a Formação Cauê é, economicamente, a unidade mais importante do Quadrilátero Ferrífero (Rosière *et al.* 2008), abrigando também mineralizações de ouro paladiado, localmente muito ricos, conhecidos como jacutinga (Rossi 2010).

A Formação Gandarela, topo do Grupo Itabira, é constituída, predominantemente, por rochas carbonáticas depositadas em ambiente de águas rasas (Babinski *et al.* 1995), dolomitos, calcários, filitos carbonáticos e dolomitos ricos em ferro que preservam estruturas estromatólicas (Souza & Müller 1984). O contato basal com a Formação Cauê corre segundo uma zona transicional, com aproximadamente dez metros de espessura (Dorr 1969).

Datações Pb-Pb de calcários estromatólíticos da porção intermediária da Formação Gandarela, amostrados no sinclinal homônimo, obtiveram idade de  $2419 \pm 19$  Ma (Babinski *et al.* 1995) e, devido à preservação das estruturas originais e à ausência de deformação nas rochas do Gandarela, a idade é tida como a idade de sedimentação dos carbonatos (Farina *et al.* 2015). A idade de deposição da Formação Cauê era restringida entre 2620 e 2420 Ma – entre a idade máxima de deposição do topo da Formação Moeda (Koglin *et al.* 2014) e da idade de sedimentação da Formação Gandarela (Babinski *et al.* 1995). Em seu trabalho, Cabral *et al.* (2012), por meio de datações U-Pb em grãos de zircão provenientes de uma camada metavulcânica amostrada na formação ferrífera Itabira, obtêm uma idade de 2650 Ma para a deposição da unidade. Contudo, segundo Farina *et al.* (2015), a idade proposta é controversa pois contradiz a maioria dos dados já produzidos no Grupo Caraça. Posteriormente, datações U-Pb de grãos detríticos de zircão, provenientes de uma lente de quartzito alojada na Formação Cauê, obteve idade de 2795 Ma (Cassino 2014; Martínez-Dopico *et al.* 2015).

## **Grupo Piracicaba**

De acordo com Alkmim & Marshak (1998), os sedimentos deltaicos e de águas rasas do Grupo Piracicaba recobrem as rochas do Grupo Itabira segundo uma descontinuidade local. O grupo representa uma sequência predominantemente clástica, que grada de sedimentos marinhos de águas rasas para marinho de águas profundas (Dorr 1969; Renger *et al.* 1994). De acordo com Renger *et al.*

(1994), sua deposição ocorre após emersão e erosão de parte do Grupo Itabira. Quatro formações subdividem o Grupo Piracicaba, sendo elas: Formação Cercadinho, Formação Fecho-do-funil, Formação Taboões e Formação Barreiro.

A Formação Cercadinho compreende quartzitos, quartzitos ricos em hematita, filitos prateados, filitos ricos em ferro e dolomitos (Simmons 1968; Dorr 1969). Sobrejacente à Formação Cercadinho, a Formação Fecho-do-funil é composta por filitos, siltitos e dolomitos (Simmons 1968). A Formação Taboões constitui-se, predominantemente, por quartzitos que apresentam níveis argilosos, siltíticos e dolomíticos em sua base (Simmons 1968). Filitos carbonáticos intercalam-se com filitos avermelhados, arroxeados e amarronzados na Formação Barreiro (Simmons 1968).

A idade de deposição do grupo encontra-se restringida entre 2420 Ma – idade de sedimentação da Formação Gandarela (Babinski *et al.* 1995) – e 2100 Ma – idade mínima de deposição de calcários dolomíticos da Formação Fecho do Funil (Babinski *et al.* 1993).

O contato com as rochas do Grupo Sabará ocorre segundo uma discordância regional (Alkmim & Marshak 1998).

## **Grupo Sabará**

O Grupo Sabará (Barbosa 1968), antiga Formação Sabará (Gair 1958) consiste em um espesso pacote com cerca de 3.500 metros de espessura, composto por turbiditos, grauvacas, conglomerados e diamictitos, intercaladas com sedimentos químicos e rochas vulcânicas, representando uma sedimentação *sin-orogênica* (Dorr 1969; Renger *et al.* 1994). Alkmim & Martins-Neto (2012) interpretam o grupo como um depósito de fan submarino, turbidítico, formado durante a inversão da margem passiva do Supergrupo Minas.

Machado *et al.* (1996) datou zircões detríticos obtidos em uma amostra de grauvaca da Serra do Curral, revelando idades entre 2100 e 2500 Ma e um pico, bem definido, em 2850-2900 Ma. Hartmann *et al.* (2006) analisou por SHRIMP, a distribuição de zircões detríticos provenientes de um xisto, obtendo picos em 2720 e 2900 Ma.

Recentemente, Dutra *et al.* (2019), estabeleceram que os sedimentos do Grupo Sabará se derivam de terrenos arqueanos, riacianos e orosirianos exumados, além de granitoides posicionados ao sul e a leste do Quadrilátero Ferrífero. Os autores definiram também, a idade de deposição máxima do Grupo Sabará, por meio de datações U-Pb realizadas em zircões detríticos, analisados por LA-ICP-MS, em  $2036 \pm 25$  Ma.

### 2.2.4 Grupo Itacolomi

O Grupo Itacolomi é a unidade mais jovem da sequência supracrustal do Quadrilátero Ferrífero, compreendendo uma pilha com cerca de 2.000 metros de espessura de sedimentos aluviais que se sobrepõem ao Supergrupo Minas por meio de uma descontinuidade regional (Alkmim & Martins-Neto 2012).

Consiste, em termos litológicos, de metarenitos, metaconglomerados e, subordinadamente, filitos (Dorr 1969). Segundo o autor, metaconglomerados polimíticos contendo clastos de quartzito, itabirito e rochas graníticas, localizados na base do grupo evidenciam a dimensão do evento erosivo. Estruturas sedimentares primárias, tais como, marcas de onda, estratificações cruzadas e mudanças laterais abruptas nas fácies sedimentares sugerem intercalação entre depósitos marinhos e continentais (Farina *et al.* 2015).

O Grupo Itacolomi é interpretado com um depósito de molassa, desenvolvido na margem do núcleo arqueano do Cráton São Francisco, sedimentado em grábens, durante a fase de colapso da orogênese riaciana (Marshak *et al.* 1992; Alkmim & Marshak 1998; Alkmim & Martins-Neto 2012).

Datações U-Pb em zircões detríticos obtiveram idade de  $2059 \pm 58$  Ma para a unidade, implicando em uma idade correlata ou pouco inferior à do Grupo Sabará (Machado *et al.* 1996).

## 2.3 ARCABOUÇO ESTRUTURAL E EVOLUÇÃO TECTÔNICA

No Quadrilátero Ferrífero, o embasamento arqueano ocorre como domos (Bação, Bonfim, Caeté, Santa Rita, Belo Horizonte, Florestal e Itaúna) rodeados por quilhas que contêm os supergrupos Rio das Velhas e Minas (Alkmim & Marshak 1998). Segundo os autores, as quilhas são constituídas por sinclinais de primeira-ordem – sinclinais Moeda, Dom Bosco, Pitangui-Peti, Mateus Leme e Souza – e por uma grande homoclinal – Homoclinal Serra do Curral. Zonas de cisalhamento ocorrem, em todos os domos, no contato entre o embasamento e as rochas supracrustais (Marshak & Alkmim 1989). De acordo com Herz (1978), Jordt-Evangelista *et al.* (1992) e Marshak *et al.* (1992), as rochas da sequência supracrustal adjacentes aos domos possuem uma distinta auréola de metamorfismo *High-T/Low-P*.

Segundo Marshak & Alkmim (1989), apesar do domínio da província de domos e quilhas, dois outros significativos conjuntos de estruturas fazem parte do padrão estrutural do Quadrilátero Ferrífero. Um conjunto inclui dobras de escala regional com direção nordeste (o Sinclinal Gandarela, a Anticlinal Conceição, e as porções nordeste do Sinclinal Ouro Fino e dos Sinclinórios Itabira e Monlevade). O outro conjunto inclui uma série de falhas de empurrão e estruturas associadas com vergência para Oeste, geralmente atribuídas à orogenia brasileira. Ainda de acordo com os autores,

estruturas tectônicas penetrativas (xistosidade filítica, foliação milonítica, clivagem de crenulação, lineações de estiramento) relacionadas ao evento brasileiro obliteram as estruturas pré-existentes em toda a região situada a leste do fronte brasileiro (uma linha aproximadamente norte-sul que parte da borda oeste do Sinclinal Moeda e corta o Homoclinal Serra do Curral).

Ao longo dos anos, várias publicações (Dorr 1969; Drake & Morgan 1980; Almeida & Hasui 1984; Alkmim *et al.* 1988; Marshak & Alkmim 1989; Marshak *et al.* 1992, 1993, 1997; Chemale *et al.* 1991, 1994; Chauvet *et al.* 1994; Endo 1997; Rosière & Chemale 2000) forneceram modelos para explicar o complexo padrão deformacional da região do Quadrilátero Ferrífero.

De acordo com Dorr (1969), a região foi afetada por três eventos deformacionais. O primeiro deforma apenas as rochas do Supergrupo Rio das Velhas, e possui direção oeste-sudoeste. O segundo, a “Orogenia Minas”, dividido em duas fases, dá origem à todas as estruturas deformacionais presentes na região, geradas após a deposição do Grupo Itacolomi. Ademais, o autor considera que os domos são, na verdade, plútons que intrudiram as rochas supracrustais antes da sua deformação, não reconhecendo assim, a existência de embasamento na região.

Anos depois, Drake & Morgan (1980) postulam que os domos existentes no Quadrilátero Ferrífero representavam estruturas de interferência comparáveis aos domos gnáissicos mantélicos Apalachianos.

Almeida & Hasui (1984), além de descreverem as três principais fases deformacionais propostas por Dorr (1969), abordam também questões acerca do Ciclo Uruaçuano, que se manifesta entre a orogenia Transamazônica e o evento Brasileiro.

Segundo Alkmim *et al.* (1988), dois grandes eventos compressoriais afetaram os metassedimentos do Supergrupo Minas. O primeiro com vergência para noroeste (evento Transamazônico) e o segundo com vergência para oeste (evento Brasileiro). De acordo com os autores, um enigmático evento de soergimento ocorre entre os eventos compressoriais encaixando, verticalmente, o embasamento (na forma de domos) na assembleia supracrustal, dando origem aos sinclinais Moeda e Dom Bosco.

Marshak & Alkmim (1989), com intuito de explicar a estruturação da região, propõem uma história deformacional mais complexa composta por eventos compressoriais e extensionais. Os autores reconhecem três diferentes estruturas compressoriais no Quadrilátero Ferrífero e atribuem à cada uma delas, baseando-se em suas relações de corte, um evento deformacional D. A primeira estrutura, com direção nordeste-sudoeste, foi atribuída ao evento Transamazônico ( $D_1$ ), a segunda, com direção leste-oeste, conferida ao evento Uruaçuano ( $D_2$ ) e, a terceira, com direção norte-sul, outorgada ao evento Brasileiro ( $D_3$ ). O evento extensional (DE), postulado pelos autores, ocorre entre as fases deformacionais  $D_2$  e  $D_3$ , e soergue o embasamento cristalino ao mesmo nível crustal dos

metassedimentos dos Supergrupos Rio das Velhas e Minas, resultando na arquitetura de domos e quilhas.

Para melhor explicar o evento de formação dos domos, Marshak *et al.* (1992), sugerem explicá-lo como consequência de um “movimento diapírico” do embasamento em direção à assembleia supracrustal. Segundo os autores, enquanto os domos ascendiam as unidades supracrustais foram incorporadas na forma de sinformes inter-diápiros.

As auréolas de metamorfismo da interface domo-quilha foram datadas por Marshak *et al.* (1993, 1997) em 2,095 Ga. Baseados nessa idade, os autores propuseram que a colocação dos domos ocorreu durante a fase de colapso orogênico do evento Transamazônico.

De acordo com Chemale *et al.* (1991, 1994), os domos são anticlinais de *rollover* situados acima de falhas lítricas normais e, as quilhas sinformais bacias que preenchem os espaços entre as falhas e a superfície dos domos.

Chauvet *et al.* (1994), propõem um modelo de evolução tectônica com três estágios deformacionais no qual um evento tectonomagmático, ocorrido durante o Paleoproterozóico, teria sido responsável pelo soerguimento dos domos do embasamento e pela geração das dobras regionais.

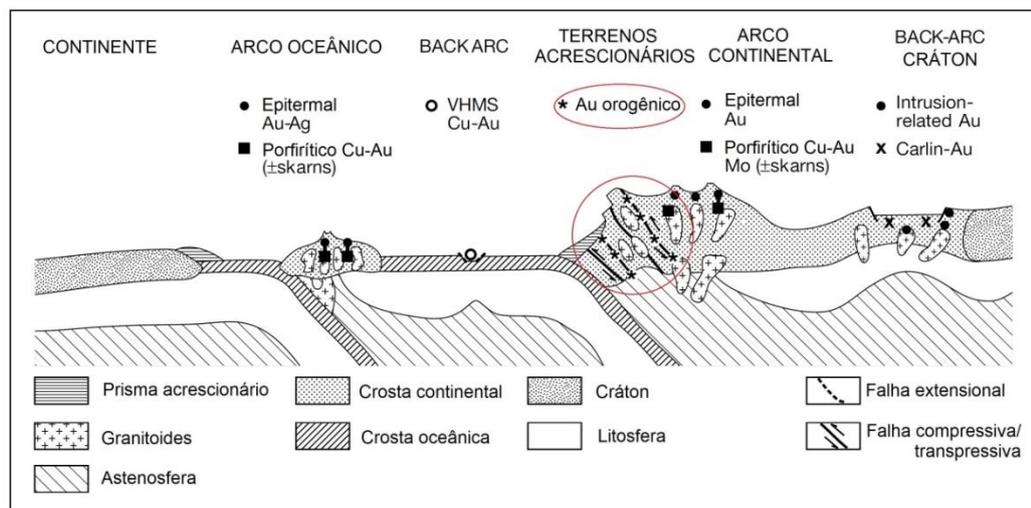
Mais tarde, Endo (1997), destaca os efeitos de caráter frágil do evento Sul-Atlântico e descreve as principais feições observadas por Dorr (1969), sendo elas: o Arqueamento Rio das Velhas, a Sinclinal Gandarela, a Homoclinal da Serra do Curral, a Sinclinal Dom Bosco, a Sinclinal Santa Rita e a Sinclinal Moeda.

Rosière & Chemale (2000) definiram as idades dos ciclos deformacionais que afetaram as rochas do Quadrilátero Ferrífero em: A primeira fase, do Ciclo Jequié (Arqueano), que afeta as rochas do Supergrupo Rio das Velhas, a segunda, do Ciclo Transamazônico (Paleoproterozoico), que engloba as rochas do Supergrupo Minas e a terceira, associada ao Ciclo Brasileiro (Neoproterozoico), que deforma as rochas do Grupo Itacolomi, com a geração de alinhamentos sistemáticos de sinclinais e anticlinais.

Moura, S. L. G. 2019, Caracterização químico-mineralógica das rochas encaixantes das mineralizações...

### 3.1 DEPÓSITOS Au Orogênico

Cinturões metamórficos são regiões da crosta terrestre, extremamente complexas, nas quais orogêneses acrescionárias ou colisionais adicionam e/ou espessam a crosta continental (Groves *et al.* 2003). Tal processo tectônico se dá em escala litosférica e diversos depósitos auríferos (epitermal, porfirítico, vulcanogênico, orogênico) podem ser gerados em cada um dos seus estágios de desenvolvimento (Groves *et al.* 2003). Depósitos auríferos orogênicos, termo cunhado por Groves *et al.* (1998), constituem uma classe de depósitos hidrotermais, epigenéticos, estruturalmente controlados, formados em várias faixas de profundidade na crosta, cuja origem relaciona-se ao fluxo de fluidos hidrotermais formados nos estágios finais da orogênese, durante a fase principal de encurtamento crustal, em regimes compressivos ou transpressivos, cujo grau metamórfico varia da fácies xisto-verde a granulito (Groves *et al.* 1998, 2003; Figura 3.1).



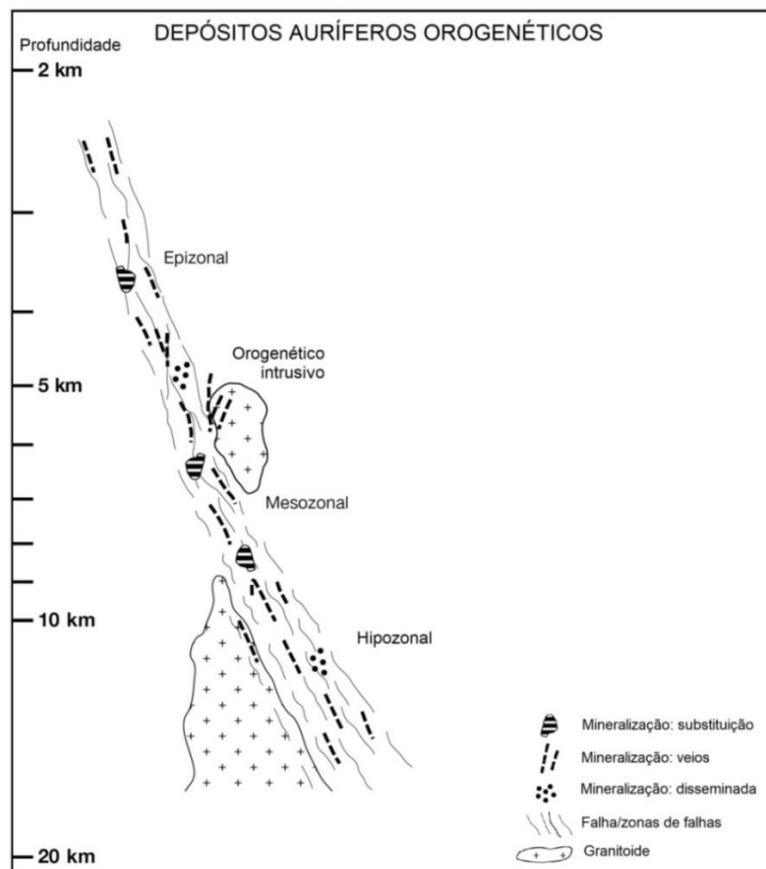
**Figura 3.1:** Ambientes tectônicos de depósitos auríferos epigenéticos, com destaque para Au-orogênico. Escala vertical exagerada para exibir as profundidades de formação dos diferentes depósitos. Modificado de Groves *et al.* (2003).

Depósitos auríferos orogênicos são comumente encontrados em terrenos granito-*greenstone* arqueanos que sofreram metamorfismo do tipo *high P/low T*, cujos protólitos pré-metamórficos seriam, predominantemente (Groves *et al.* 1998):

- Terrenos basálticos vulcano-plutônicos de retroarco oceânico e rochas félsicas a máficas de arco oceânico;
- Domínios de rochas sedimentares marinhas clásticas, grauvaque, argilito, filito e xisto.

De maneira geral, a assembleia mineralógica do depósito é caracterizada por sistemas de veios quartzosos com cerca de 3 a 5% de sulfetos e 5 a 15% de minerais carbonáticos, com os minerais sulfetados, comumente, refletindo a composição litogeoquímica das rochas encaixantes, nas quais arsenopirita predomina em rochas metassedimentares e, pirita e pirrotita prevalecem em rochas ígneas metamorfozadas (Groves *et al.* 1998). Albita, mica branca ou fuchsite, clorita, scheelita, e turmalina estão presentes, na forma de ganga, em veios hospedados em rochas da fácies xisto-verde (Groves *et al.* 1998). De acordo com Groves *et al.* (1998, 2000), depósitos auríferos orogênicos são contínuos verticalmente, não apresentando mudança significativa na mineralogia ou no teor de ouro dos sistemas de veios e, com o intuito de designar a profundidade crustal e a temperatura da deposição aurífera nos depósitos, os autores sugerem o uso dos termos epizonal (para temperaturas entre 150 e 300° C), mesozonal (entre 300 e 470° C), e hipozonal (para temperaturas acima de 475° C; Figura 3.2).

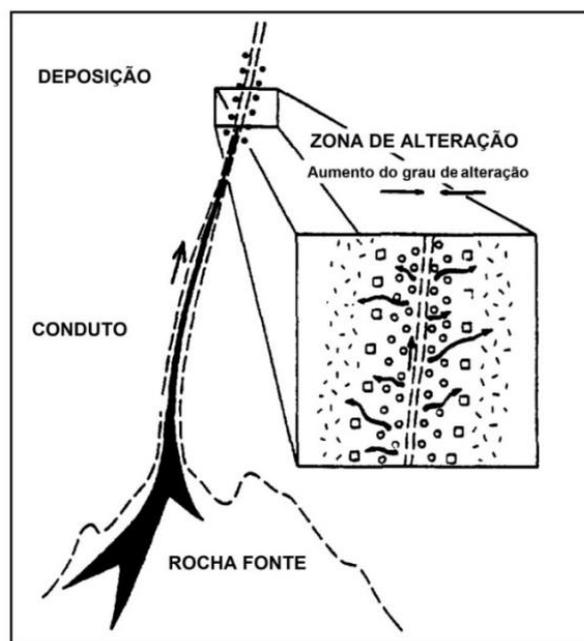
Contudo, estudos realizados por Phillips & Powell (2009, 2010) e Tomkins & Grundy (2009) demonstraram que o desenvolvimento de depósitos auríferos orogênicos não possui validade sob o amplo espectro de temperatura e pressão inicialmente proposto nos trabalhos executados por Groves *et al.* (1998, 2000), mas somente sob as condições de temperatura e profundidade que correspondem à fácies xisto verde de metamorfismo.



**Figura 3.2:** Depósitos auríferos orogênicos e sua profundidade de ocorrência. Modificado de Groves *et al.* (2003).

Segundo Vearncombe & Zelic (2015), a formação de depósitos de ouro orogênico associa-se à descontinuidades estruturais – falhas, zonas de cisalhamento, *fold noses*, contraste de competência. De acordo com Sibson *et al.* (1988), embora a natureza do controle estrutural varie segundo a província do depósito, falhas com componente de cisalhamento reverso são mais comumente mineralizadas que àquelas dominadas pela componente *strike-slip*. Tais descontinuidades atuam como condutos para migração do fluido proveniente da zona de desidratação metamórfica até o local de precipitação, na crosta superior (Gaboury 2019). Groves *et al.* (1998), caracterizam os fluidos mineralizantes como sendo de baixa salinidade, próximos a neutros, de composição  $H_2O-CO_2 + CH_4$ , sendo responsáveis pelo transporte do ouro como complexo reduzido de enxofre, notáveis por suas concentrações elevadas de  $CO_2$ .

Com relação à zona de alteração hidrotermal, sua espessura e assembleia mineral variam, geralmente, de acordo com o tipo da rocha encaixante e os diferentes níveis crustais, refletindo sistemas químicos abertos e de interação metassomática sendo que, em rochas da fácies xisto-verde, a alteração envolve a adição de significativas quantidades  $CO_2$ , S, K,  $H_2O$ ,  $SiO_2$ , +- Na e LILE (Groves *et al.* 1998; McCuaig 1998). A Figura 3.3 apresenta um diagrama esquemático da origem do fluido, seu fluxo e deposição.



**Figura 3.3:** Diagrama esquemático da origem, fluxo e deposição do fluido. Modificado de McCuaig & Kerrich (1998).

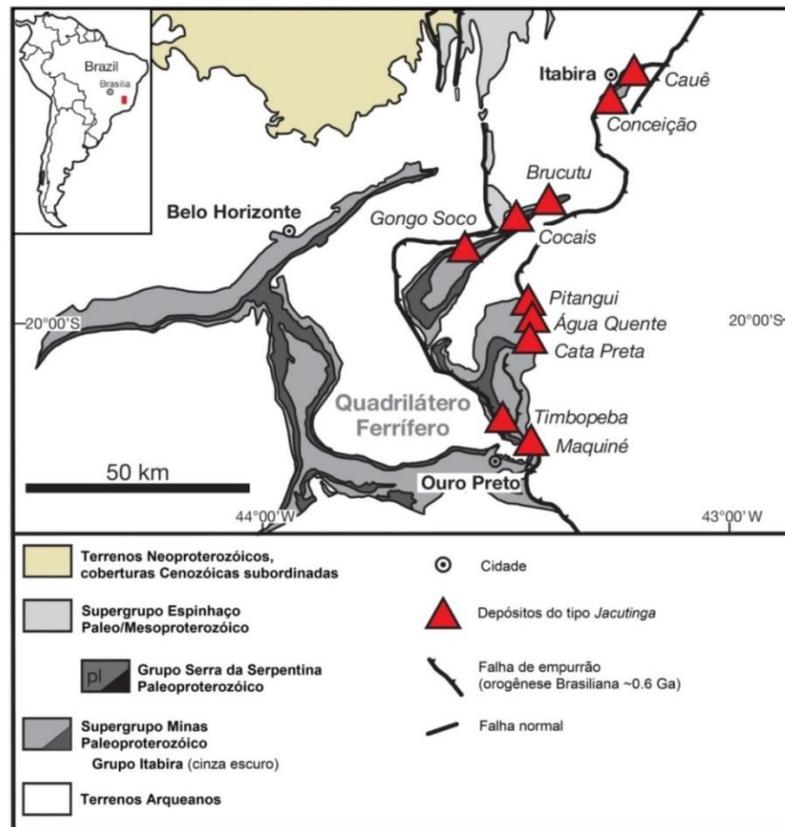
No *greenstone belt* Rio das Velhas os depósitos auríferos orogenéticos são encontrados, principalmente, nas formações ferríferas bandadas e na unidade rochosa hidrotermalmente alterada, localmente conhecida como lapa-seca, ambas pertencentes ao Grupo Nova Lima (Lobato *et al.* 2001a), com ocorrências subordinadas em metabasaltos e rochas metassedimentares clásticas.

A origem desses jazimentos é controversa, havendo numerosos trabalhos publicados (Vial 1988; Vieira & Oliveira 1988; Ladeira 1988, 1991; Sales 1998; DeWitt *et al.* 2000), abordando a temática da gênese epigenética *versus* singenética (Lobato *et al.* 2001a). Kerswill (1993), em seu trabalho, postula origem singenética tanto para o ouro, quanto para a pirrotita, baseando-se no delicado bandamento observado em formações ferríferas com pirrotita e na distribuição, aparentemente uniforme, do teor de ouro. Recentemente, Vial *et al.* (2007), baseado em dados de campo, interpretou a mineralização como de origem epigenética, ocorrendo entre 2.124 e 2.04 Ga, sin a pós-tectônica em relação ao evento Transamazônico.

### 3.2 DEPÓSITOS AURÍFEROS DO TIPO JACUTINGA

Os principais depósitos auríferos jacutinga ocorrem restritos à porção leste do Quadrilátero Ferrífero (Figura 3.4) segundo um cinturão com *trend* norte-sul, cuja distribuição é controlada por grandes falhas de empurrão desenvolvidas durante o evento orogênico Brasileiro (Cabral *et al.* 2009). Inseridas nesse contexto estão as minas de Gongo Soco, Conceição e Cauê, em atividade, e os antigos

garimpos de Cata Preta, Brucutu, Cocais, Gongo Soco, Pitangui, Água Quente, Cata Preta, Timbopeba e Maquiné.



**Figura 3.4:** Localização dos depósitos auríferos do tipo Jacutinga no Quadrilátero Ferrífero. Modificado de Cabral *et al.* (2009).

O termo jacutinga foi inicialmente proposto por Eschewege (1833) para designar uma rocha composta por minério de ferro micáceo especular, raramente laminada, com quantidade subordinada de óxido de ferro e quartzo disseminados. Todavia, crê-se que a designação mais efetiva do termo foi efetuada por Hussak (1906), que define a jacutinga como depósitos em forma de núcleos ou faixas, ocorrendo nos itabiritos, possuindo no máximo 50 centímetros de espessura, caracterizados por alto teor de ouro, ausência de sulfetos e presença de óxido de manganês.

De maneira geral, o minério possui ouro livre, ouro paladiado, paládio nativo, minerais do grupo da platina e ausência de sulfetos, com uma assembleia mineral composta por goethita, especularita, talco, caulinita, óxido de manganês, quartzo, hematita e magnetita; com turmalina, monazita, zircão, apatita, ilmenita, epidoto e rutilo como minerais acessórios mais comuns (Olivo *et al.* 1994; Olivo & Gauthier 1995; Cabral 1996; Olivo & Gammons 1996; Olivo *et al.* 1995, 2001; Galbiatti *et al.* 2007).

A distribuição da mineralização dentro da formação ferrífera foi determinada por Harder & Chamberlain (1915) como errática, existindo porções com pouco ou nenhum ouro e, “bolsões amplamente enriquecidos”. Entretanto, diferentes trabalhos apontam que o minério ocorre também estruturalmente controlado (Henwood 1871; Hussak 1906; Leão de Sá & Borges 1991; Olivo *et al.* 1994, 1995; Cabral 1996; Galbiatti 1999; Galbiatti *et al.* 2007). Leão de Sá & Borges (1991) e Olivo *et al.* (1994, 1995) afirmam que os corpos mineralizados seriam controlados por estruturas dúcteis, tais como lineação de estiramento mineral e eixos de dobras, ocorrendo paralelamente à foliação. Contudo, Cabral (1996), Galbiatti (1999) e Gabiatti *et al.* (2007) demonstraram que os corpos mineralizados ocorrem como veios que truncam a foliação tectônica do itabirito, sendo controlados por estruturas rúpteis como sistemas de fraturas.

A mineralização aurífera está frequentemente associada ao paládio (Hussak 1906; Bensusan 1929; Olivo *et al.* 1994, 1995; Olivo & Gammons 1996; Cabral *et al.* 2009), sendo o mineral identificado pela primeira vez por Wollaston em 1809 (*in* Hussak 1906), em agregados possivelmente recuperados de Córrego Bom Sucesso (Hussak 1906). Tal associação é explicada por Olivo *et al.* (1994) através da deposição do paládio, juntamente com o ouro, no estágio inicial do evento deformacional, e sua posterior substituição por ouro durante os estágios de desenvolvimento da deformação.

Quanto à origem do manganês, Oliveira (1932), a estabelece como proveniente do intemperismo do itabirito dolomítico, e confere a ele a importante função de agente precipitante no processo de enriquecimento superficial do ouro jacutinga.

Apesar dos poucos estudos conduzidos em relação à gênese deste depósito, várias hipóteses procuram explicar os processos pelos quais o ouro e o paládio se concentraram no horizonte jacutinga (Olivo *et al.* 2001), incluindo modelos singenéticos, supergênicos, *multistage* e epigenético (Henwood 1871; Hussak 1904; Oliveira 1932; Dorr & Barbosa 1963; Guimarães 1970; Leão de Sá & Borges 1991; Olivo *et al.* 1994, 1995; Olivo & Gammons 1996; Olivo & Gauthier 1995; Cabral 1996; Olivo & Gammons 1996; Galbiatti 1999; Olivo *et al.* 2001, 2011; Cabral *et al.* 2015).

Trabalhos mais recentes (Olivo *et al.* 1995, 2011; Cabral *et al.* 2015) consideram a jacutinga como um depósito hidrotermal formado em condições de alta fugacidade de oxigênio, com dois pulsos hidrotermais, o primeiro concomitante ao evento deformacional, e o segundo pela passagem de fluidos hidrotermais tardios. Galbiatti (1999) propõe que a jacutinga também seria um depósito de origem hidrotermal, contudo, concebido em um único estágio, onde fluidos ascendentes profundos teriam sido contaminados por rochas ígneas, misturando-se, posteriormente, a águas meteóricas/conatas e depositando o ouro em níveis crustais rasos, com condições rúpteis.

Embora em consonância com o modelo epigenético, Olivo *et al.* (1995) e Cabral *et al.* (2015), discordam em qual evento deformacional foi responsável pela indução dos fluidos hidrotermais, Olivo *et al.* (1995) favorece o evento orogênico Transamazônico, enquanto, Galbiatti (1999) e Cabral *et al.* (2015) favorecem o evento Brasileiro.

A primeira estimativa de determinação da idade da mineralização foi efetuada por Olivo & Gammons (1996), que realiza um estudo de dados isotópicos de chumbo em amostras de jacutinga coletadas na mina Cauê (distrito de Itabira), definindo uma isócrona Pb-Pb com idade de  $1,83 \pm 0,10$  Ga, correspondente ao evento Transamazônico. Entretanto, de acordo com Lüders *et al.* (2005), tal idade não possui nenhum significado geocronológico, pois os dados apresentam além de dispersão excessiva das razões  $^{207}\text{Pb} / ^{204}\text{Pb}$  vs.  $^{206}\text{Pb} / ^{204}\text{Pb}$ , valores abaixo da isócrona de referência para quatro amostras com Pb mais radiogênico, indicando que as mesmas foram perturbadas durante um evento mais jovem. Posteriormente, Cabral *et al.* (2015), estimou a idade da mineralização através da datação U-Pb pelo método *laser ablation – inductively coupled plasma mass spectrometry* (LA-ICP-MS) e obteve idade U-Pb de  $495,6 \pm 2,2$  Ma, a partir de três grãos de monazita, de uma amostra de jacutinga recuperada no depósito de Conceição, indicando sua inserção tardia em relação ao evento Brasileiro, configurando assim a primeira datação precisa da mineralização no Quadrilátero Ferrífero.

Moura, S. L. G. 2019, Caracterização químico-mineralógica das rochas encaixantes das mineralizações...

#### 4.1 INTRODUÇÃO

O polígono de estudo está inserido na Folha Santa Rita Durão (SF.23-X-B-I-1-SO), localizada na borda leste do Quadrilátero Ferrífero. Mediante cooperação entre o Departamento Nacional de Produção Mineral e o Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS), Maxwell (1960, 1972) realiza os primeiros trabalhos de mapeamento geológico da folha e descreve a geologia e os depósitos minerais do distrito de Alegria (composto pelas quadrículas Capanema, Catas Altas e Santa Rita Durão). Baltazar & Raposo (1993), no âmbito do Programa de Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil, através da parceria entre a CPRM e o DNPM, apresentam a cartografia geológica, em escala 1:100.000, da Folha Mariana. Raposo (1996), por meio do projeto Rio das Velhas - Programa Estudos de Distritos Mineiros, executado pelo convênio CPRM/DNPM, foca seu trabalho nas unidades do *greenstone* da região. Ao longo dos anos, monografias, dissertações de mestrado, teses de doutoramento e artigos científicos, foram realizados tendo como foco a natureza e o controle estrutural das mineralizações auríferas (Galbiatti 1999; Ferreira Filho 1999; Rossi 2010), a descrição da geologia estrutural, da evolução tectônica e das principais estruturas aflorantes da área (Maxwell 1972; Endo & Chemale 1992; Endo & Fonseca 1992; Baltazar & Raposo 1993; Raposo 1996; Endo 1997; Ferreira Filho 1999) bem como a obliteração hidrotermal dos sedimentos cenozoicos da região e suas implicações na ocorrência de metais preciosos em terrenos cratônicos (Cabral & Koglin 2014).

Dessa forma, o presente capítulo tem como objetivo a descrição da estratigrafia, da geologia estrutural e dos aspectos econômicos da região.

#### 4.2 ESTRATIGRAFIA DA FOLHA SANTA RITA DURÃO

As unidades estratigráficas aflorantes na Folha Santa Rita Durão são compostas pelo embasamento cristalino, representado pelo Complexo Santa Bárbara; Supergrupo Rio das Velhas, representado pelos grupos Quebra Osso, Nova Lima e Maquiné; e pelo Supergrupo Minas, contendo os grupos Caraça, Itabira, Piracicaba e Sabará; além de coberturas cenozoicas (Baltazar & Raposo 1993; Raposo 1996).

##### 4.2.1 Complexo Santa Bárbara

O Complexo Santa Bárbara (Simmons 1968) caracteriza-se em um domínio alongado, de posição geral Norte-Sul, possuindo cerca de 50 km de comprimento por aproximadamente 20 km de

largura, localizando-se a leste do Quadrilátero Ferrífero, das imediações de Monsenhor Horta, no extremo sul, às proximidades de Santa Bárbara, no extremo norte.

De acordo com Sichel (1983), o “Complexo Migmatítico”, ao qual o Complexo Santa Bárbara faz parte, é composto por migmatitos, gnaisses metatéticos e anfibolitos, que constituem as rochas mais antigas da região, integrando o embasamento do Supergrupo Rio das Velhas. Contudo, Baltazar & Raposo (1993), postulam que muitas das estruturas previamente interpretadas como migmatitos tratam-se de injeções magmáticas de granitos em tonalito-trondhjemitos e vice-versa. Ainda de acordo com os autores, distinguem-se no Complexo Santa Bárbara três tipos litológicos principais. O primeiro, um gnaiss tonalítico a trondhjemitico muito claro que aparece frequentemente bandado e injetado por rochas graníticas, o segundo, uma rocha de composição granítica, frequentemente foliada, de granulação média a grossa, com aspecto mosqueado, que foi observada injetando o gnaiss bandado trondhjemitico e, um terceiro tipo litológico, caracterizado por uma rocha escura aflorando como xenólitos quase sempre deformados, às vezes de aspecto xistoso que, devido às variações na composição do plagioclásio e na porcentagem de biotita, ora se classifica como anfibolito, ora como metadiorito.

Estando quase que completamente envolto pelas rochas metassedimentares e metavulcânicas do Supergrupo Rio das Velhas, as rochas do Complexo Santa Bárbara estão em contato com os metassedimentos do Supergrupo Minas apenas nas imediações de Catas Altas e, nas proximidades de Monsenhor Horta, com as rochas pertencentes ao Complexo Santo Antônio do Pirapetinga. Esses contatos possuem caráter predominantemente tectônico, sendo marcados por falhas de empurrão ou de gravidade (Baltazar & Raposo 1993).

Datações U-Pb, através de análises LA-ICP-MS, foram efetuadas por Lana *et al.* (2013) em amostras de duas fases de gnaisses TTG, localmente bandados, intensamente foliados, localizadas no Complexo Santa Bárbara. Ambas as amostras continham cristais de zircão de aparência muito similares, apresentando forma elipsoidal, multi-facetada, com zonamento magmático bem preservado, sem estrutura núcleo-manto observada. Na primeira amostra, 31 análises, realizadas no centro e na borda dos grãos de zircão, definiram uma idade concórdia em cerca de  $3210 \pm 8$  Ma. Na segunda, 35 grãos foram analisados, definindo uma idade discórdia em cerca de 3210 Ma e, ao analisarem-se outros 19 grãos, uma idade Concórdia foi definida em  $3212 \pm 9$  Ma. Tais resultados indicam que as fases investigadas teriam origens comagmáticas e, que as mesmas teriam se cristalizado entre 3210 e 3212 Ma, definindo assim o evento Santa Bárbara e constituindo a única evidência direta de evolução crustal Paleoarqueana na região.

#### 4.2.2 Supergrupo Rio das Velhas

O Supergrupo Rio das Velhas subdivide-se, na área compreendida pela folha Santa Rita Durão, da base para o topo, nos Grupos Quebra Osso (Schorscher 1979), Nova Lima e Maquiné (Dorr *et al.* 1957). Na área estudada, os grupos supracitados não se encontram subdivididos em formações ou unidades litológicas informais. Em parte, porque suas ocorrências não estão inseridas no polígono convencional do Quadrilátero Ferrífero, área da proposta inicial de cartografia do Projeto Rio das Velhas.

O **Grupo Quebra Osso**, redefinido por Zucchetti *et al.* (2000) como uma unidade informal pertencente à porção inferior do Grupo Nova Lima, compreende a unidade basal do *greenstone belt* Rio das Velhas, abaixo dos grupos Nova Lima e Maquiné (Schorscher 1978; 1979). Constitui uma faixa de rochas metaultramáficas com direção NE-SW/SE, bordejando o Complexo Santa Bárbara nas folhas Santa Bárbara e Catas Altas (Baltazar & Raposo 1993; Raposo 1996). Na Folha Santa Rita Durão, essa unidade é representada por talco xistos, talco-clorita xistos e serpentinitos de cor azulada, granulação fina a média, intensamente fraturados, ocasionalmente exibindo pseudomorfos, de até 1 cm, de carbonato limonitizados (Raposo 1996). Núcleos de olivina envolvidos por serpentina e talco são observados localmente. Contudo, não foram identificadas estruturas primárias preservadas que permitam caracterizá-los como provenientes de rochas plutônicas ou vulcânicas (Raposo 1996). Ao Norte, o talco xisto está em contato com o filito carbonoso da Formação Batatal segundo uma estreita faixa de brecha tectônica com fragmentos de quartzito e filito soldados por material limonítico. E, ao sul, o contato ocorre de maneira direta e bem preservada, com os quartzitos da Formação Moeda que mergulham para sudeste, estando o talco-clorita xisto intensamente dobrado, sugerindo contato tectônico (Raposo 1996).

O **Grupo Nova Lima** é composto por quartzo-plagioclásio-biotita xisto, biotita-estauroлита-plagioclásio-quartzo xisto, tufo máfico, anfibólio xisto, clorita xisto, quartzito ferruginoso e formação ferrífera que afloram em faixas estreitas, próximo ao vértice sudeste da folha Santa Rita Durão (Raposo 1996). Na porção sudoeste, suas rochas intercalam-se aos quartzitos do Grupo Maquiné ou encaixam-se tectonicamente entre os gnaisses e talco xistos do Complexo Santo Antônio do Pirapetinga; já na porção nordeste situam-se entre os gnaisses do Complexo Santa Bárbara (Raposo 1996).

O **Grupo Maquiné** é constituído por quartzito, quartzito ferruginoso, quartzito micáceo, quartzito com cloritóide, metaconglomerado, sericita xisto com quartzo azul e cloritóide e turmalinito. As rochas dessa unidade localizam-se na porção sudeste da folha Santa Rita Durão, e ocorrem segundo uma faixa com direção aproximadamente sudeste-nordeste, intercaladas ou em contato com as rochas do Grupo Nova Lima, ou entre os gnaisses do Complexo Santa Bárbara. Os contatos com o Grupo

Nova Lima são bruscos ou tectônicos, devido ao deslocamento diferencial dos estratos de diferentes competências, resultantes do transporte tectônico, de leste para o oeste, do evento Brasileiro (Raposo 1996).

#### 4.2.3 Supergrupo Minas

Nesta folha, o Supergrupo Minas engloba os Grupos Caraça, Itabira, Piracicaba e Sabará.

O **Grupo Caraça** é representado pelas formações Moeda e Batatal. Em seu trabalho, Vilaça (1981), define a Formação Moeda como composta por quartzitos de granulação média, pouca matriz, assentados sobre um conglomerado com seixos de quartzito bem arredondados e de forma elipsoide, com características de sedimentos litorâneos. A Formação Batatal possui como rocha característica um filito de coloração acinzentada constituído, predominantemente, por sericita, clorita e grafita, com turmalina, minerais opacos e óxido de ferro ocorrendo de forma subordinada, que se sobrepõem de maneira normal aos sedimentos da Formação Moeda (Baltazar & Raposo 1993).

O **Grupo Itabira** é subdividido nas formações Cauê e Gandarela. A Formação Cauê constitui-se no local por itabiritos, itabiritos dolomíticos e mais raramente itabiritos anfíbolíticos, todos, em geral, fortemente intemperizados, contendo também, ainda que subordinadamente, porções hematíticas friáveis ou compactas de minérios de ferro, assim como pacotes, centimétricos a decimétricos, de quartzito sacaroidal ferruginoso ou branco puro de origem química (metacherts) (Rossi 2010). Battestin (2006) e Battestin *et al.* (2007) caracterizam os itabiritos como formações ferríferas bandadas – tipo Lago Superior – de fácies óxido, em geral com teores intermediários de ferro, com proporções variáveis de magnetita, hematita, quartzo e dolomita. Sobreposta à Formação de Cauê por meio de contato gradacional, a Formação Gandarela possui ocorrência rara, estando restrita a lentes com poucas dezenas de metros de espessura, que pode encontrar-se ausente – local, ou regionalmente – devido à não deposição, ou posterior erosão, tectônica ou intemperismo (Rossi 2010).

O **Grupo Piracicaba** engloba na região as formações Cercadinho, Fecho do Funil e Barreiro. A Formação Cercadinho (Pomerene 1958) é composta, essencialmente, por quartzitos ferruginosos, quartzitos brancos com cianita, filitos prateados e eventuais lentes de sericita-xisto e clorita-xisto. Segundo Baltazar & Raposo (1993), possui, na região, uma característica ocorrência de quartzito ferruginoso (com presença de granada), intercalado de filito hematítico com camadas manganésíferas. Em contato gradacional com a Formação Cercadinho, a Formação Fecho do Funil (Simmons 1968) ocorre nas proximidades de Santa Rita Durão na forma de lentes dolomíticas ferruginosas intercaladas em quartzito ferruginoso (Baltazar & Raposo 1993). Ainda de acordo com Baltazar & Raposo (1993), as exposições da Formação Barreiro nas imediações da região são de má qualidade e suas ocorrências

são inferidas por meio da posição estratigráfica. Sua assembleia litológica foi interpretada pelos mesmo autores como sendo composta por filitos, mica xistos e grafita xistos, que possuem contato gradacional com a Formação Fecho do Funil.

Finalmente, o **Grupo Sabará**, é constituído, predominantemente, por (estauroлита)-granada-mica-quartzo xisto e clorita xisto com intercalações de quartzitos ferruginosos e por um gnaiss de granulação fina e textura milonítica (Baltazar & Raposo 1993). Os metassedimentos do Grupo Sabará (Gair 1962) estão em contato com os da Formação Fecho do Funil por meio de uma superfície de erosão (Baltazar & Raposo 1993).

### 4.3 GEOLOGIA ESTRUTURAL

As principais estruturas aflorantes na região de estudo correspondem aos Sinclinais da Alegria, de Santa Rita e ao Sinclinal invertido da Almas, além das falhas de empurrão da Alegria, do Frazão e da Água Quente (Raposo 1996).

O Sinclinal da Alegria localiza-se imediatamente a sul do maciço quartzítico da Serra do Caraça, e possui orientação noroeste-sudeste e eixo com caimento moderado para sudoeste (Maxwell, 1972). Endo & Chemale (1992) definiram a orientação dos componentes da trama, internos à estrutura, como resultantes do movimento de cisalhamento diferencial em regime dúctil a dúctil-rúptil. A principal estrutura que segmenta o Sinclinal da Alegria, a Falha do Frazão, em conjunto com falhas subsidiárias de direção norte-sul, produz um significativo empilhamento tectônico no interior do sinclinal (Dorr 1969; Maxwell 1972).

Raposo (1996), define o Sinclinal invertido das Almas como resultante da rotação dextral das tramas lineares da aba nordeste do Sinclinal da Alegria devido à existência dos anteparos do Maciço do Caraça a nordeste e do Coqueiro a sudoeste – este fora da área estudada.

De acordo com Endo (1997), O Sinclinal de Santa Rita é uma das mais complexas estruturas do Quadrilátero Ferrífero. Orientada segundo a direção norte-sul e posteriormente dobrada de maneira oblíqua, sua estrutura principal é representada pelo Siclianal Conta História. Segundo o autor, numerosas falhas de empurrão de alto ângulo ou falhas inversas com direção norte-sul, seccionam intensamente o sinclinal, obliterando as feições originais da estrutura. Nas proximidades de Santa Rita Durão e Antônio Pereira, no flanco leste do Sinclinal, os estratos apresentam-se vigorosamente invertidos, com mergulhos entre 25° e 45°, semelhantes ao do flanco oeste.

Por fim, a Falha da Água Quente constitui uma extensa zona de cisalhamento dúctil a dúctil-rúptil, com orientação aproximadamente norte-sul, responsável pela superposição de unidades pertencentes ao Supergrupo Rio das Velhas e embasamento sobre os metassedimentos do Supergrupo

Minas (Dorr 1969, Maxwell 1972). Diversas falhas subsidiárias, que circundam a Serra do Caraça a leste, compõem a Falha da Água Quente, entre as quais destaca-se a Falha da Alegria (Endo & Fonseca 1992). Representando o limite oeste de maior magnitude de deformação, a Falha da Alegria possui traços intensamente curvos, cuja concavidade é voltada para sudoeste.

De acordo com Baltazar & Raposo (1993), predominam na área da Folha Santa Rita Durão, duas feições estruturais (ambas de natureza dúctil) sendo elas: foliação gnáissica/xistosidade e zonas de cisalhamento de alto ângulo com rejeito oblíquo. Todavia, outras estruturas (falhas extensionais normais, cisalhamentos contracionais de baixo e alto ângulo), relacionam-se as quatro fases de deformação distintas que, segundo os autores, afetam a região e estão descritas a seguir:

**Fase de Deformação D<sub>1</sub>:** atribuída ao ciclo orogênico Transamazônico, trata-se da fase de deformação mais antiga identificada na área. No campo, sua observação é dificultada devido à obliteração causada pela fase de deformação subsequente. Preserva-se, principalmente, como uma laminação regular, embora descontínua, nas rochas gnáissica-granitóides da região. Segundo os autores, existe a possibilidade de que esta fase de deformação seja resultado de um processo de transposição de um bandamento pretérito.

**Fase de Deformação D<sub>2</sub>:** relacionadas ao ciclo orogênico Brasileiro, as estruturas pertencentes a segunda fase de deformação são: foliação gnáissica/xistosidade, cisalhamentos contracionais de baixo e alto ângulo.

A foliação gnáissica/xistosidade, configura a mais importante e proeminente estrutura identificada na área, possuindo caráter regional e afetando todas as unidades pré-cambrianas cartografadas. De acordo com os autores, sua principal feição estrutural consiste de uma xistosidade/foliação de médio a baixo ângulo, resultante de uma forte deformação tangencial, com esforços dirigidos de leste para oeste, que transpôs as estruturas pré-existentes dos diversos litotipos envolvidos. Em certas rochas granitoides gnáissificadas esta transposição ocorreu sobre a laminação/xistosidade desenvolvida na fase de deformação anterior (D<sub>1</sub>). Nas rochas supracrustais, seqüências metavulcanossedimentares do Supergrupo Rio das Velhas e metassedimentares do Supergrupo Minas e Grupo Itacolomi, a transposição se desenvolve sobre o acamamento sedimentar original (S<sub>0</sub>), sendo evidenciada pelo (sub)paralelismo da foliação/xistosidade com uma alternância de “estratos” de composição e granulação variáveis.

Zonas de cisalhamento dúcteis contracionais de baixo ângulo, ou empurrões, com direção aproximadamente norte-sul e vergência para oeste, ocorrem, em geral, nas zonas de contato entre as diversas unidades mapeadas e, relacionam-as à geração da foliação de transposição, tendo sido interpretadas como regiões de mais intensa deformação, durante seu processo de implantação. Ocorrem ainda, zonas de cisalhamento de alto ângulo, cujas direções preferenciais são nordeste-

sudoeste e noroeste-sudeste, com rejeito oblíquo, que podem apresentar consideráveis componentes direcionais (dextral e sinistral, respectivamente), configurando zonas de cisalhamento transcorrentes.

**Fase de Deformação D<sub>3</sub>:** também relacionada ao evento orogênico brasileiro, esta fase de deformação é representada, essencialmente, por extensas zonas de cisalhamento dúctil de alto ângulo com direção norte-sul. Segundo os autores, tais zonas são marcadas por deslocamentos de rejeitos oblíquos, nos quais as componentes direcionais, predominantemente sinistrais, são muito importantes. Dobramentos variados ocorrem associados às zonas de cisalhamento, desde dobras muito abertas até isoclinais com flancos rompidos nas zonas mais deformadas, com eixos norte-sul e planos axiais verticalizados a subverticalizados com vergência pra oeste.

**Fase de Deformação D<sub>4</sub>:** falhas extensionais (normais ou de gravidade) com direções ENE-WSW que cortam todas as estruturas presentes na região, apresentam-se como última manifestação deformacional de uma tectônica com natureza rúptil, que, de acordo com os autores, associam-se a um evento deformacional recente, ocorrido, possivelmente, no Cenozóico.

#### 4.4 MINA DA CATA PRETA

Localizada a norte do distrito Santa Rita Durão, a Mina da Cata Preta é uma das mais antigas minas de ouro de Minas Gerais, haja visto que, de acordo Henwood (1871), em 1690 seu ouro era lavado por aventureiros provenientes da capitania de São Vicente e exploradores de ouro, os “paulistas”.

Conhecida originalmente como Inficionado, denominação feita por Eschewege (1833) em alusão à má qualidade do ouro recuperado na região. O autor descreve que o ouro extraído na região tinha seu valor diminuído por ser “infectado” por um metal estranho que, sabe-se hoje, tratava-se de platina (Cabral & Koglin 2014).

De acordo com Hussak (1906), a “Imperial Brazilian Gold Mining Association” produziu entre 1844 e 1846, 10,5 kg de ouro, recuperados de dois diferentes tipos de formações:

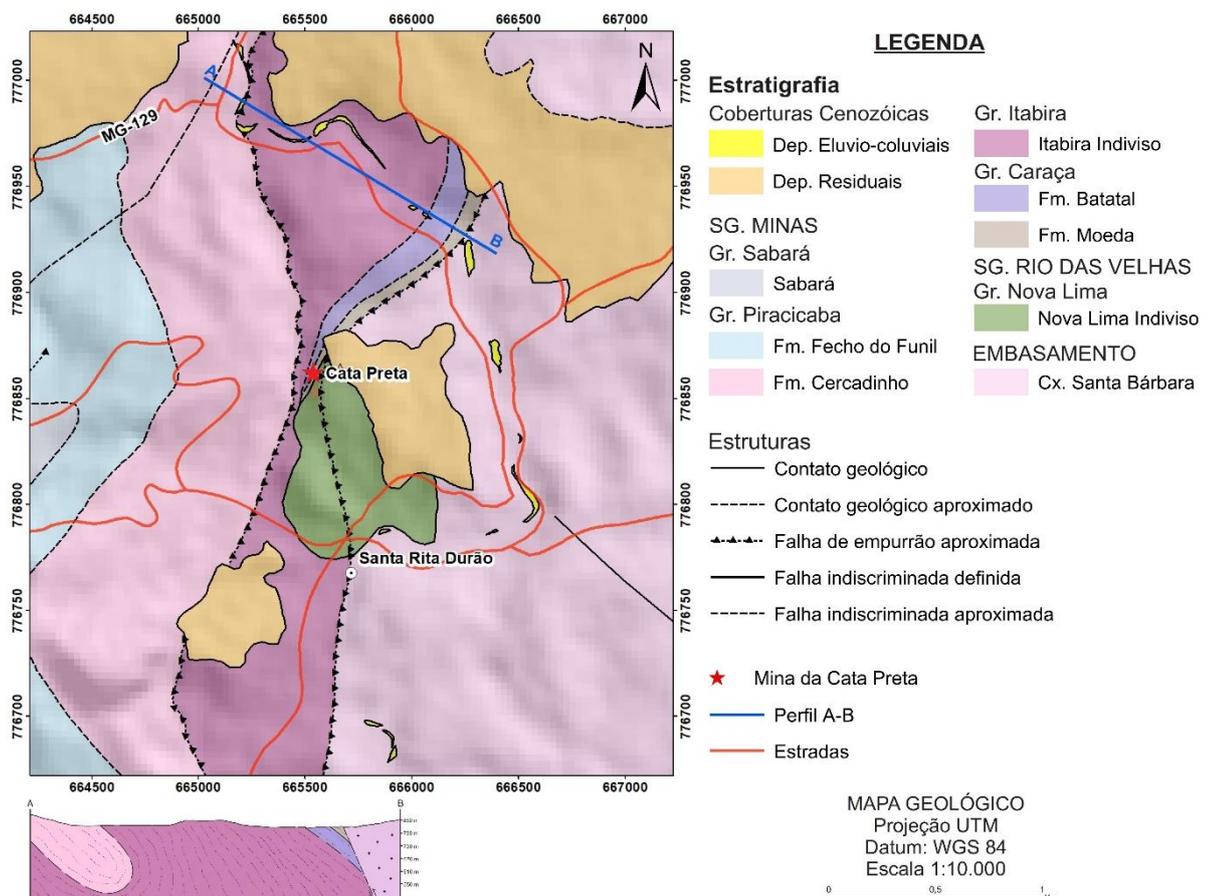
- Ocorrência inferior de ouro, em veios de quartzo aurífero, que atravessavam os quartzitos que recobrem os mica xistos. A massa do veio consistia em um quartzo incolor transparente, recortado por numerosas falhas e fraturas irregulares que continham zonas de óxido de ferro em finas películas. Tais zonas cortadas por óxido de ferro continham, frequentemente, ouro visível à olho nu;
- Ocorrência nos chamados depósitos de “carvoeira” (com nome de carvoeira se designavam, desde os tempos mais remotos, de acordo com a nomenclatura dos mineiros brasileiros, massas peculiares, cujo constituinte essencial, além do quartzo, era a turmalina preta em

pequenas agulhas finas com limonita terrosa e hematita esparsa). Esta carvoeira, que em várias minas, acompanhava o ouro quase sempre continha, acessoriamente, como constituinte sulfuroso característico, mispickel (arsenopirita) de cor branco da prata.

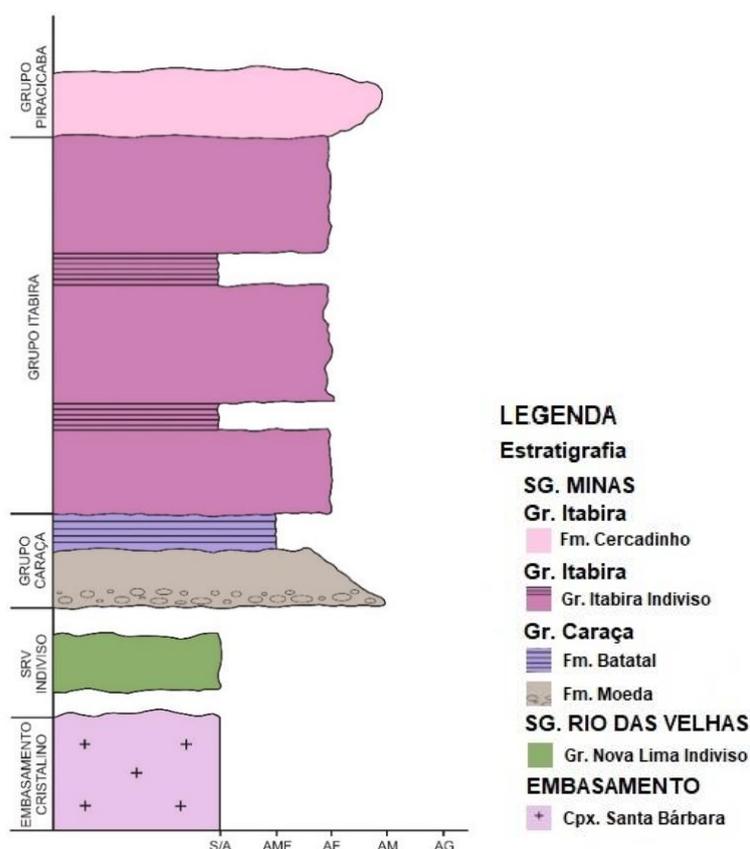
As mineralizações auríferas da Mina da Cata Preta situam-se no flanco leste invertido do Sinclinal Santa Rita, que apresenta-se cisalhado no contato do itabirito sobre o quartzito. Os antigos trabalhos minerários foram desenvolvidos nos quartzitos ferruginosos estratificados, com instalação de dezenas de galerias que seguem a direção dos veios quartzosos, em paleodépósitos às margens do Rio Piracicaba, e, principalmente, nos itabiritos manganésíferos conhecidos como jacutinga, que foram lavrados a céu aberto na forma de catas (Galbiatti 1999; Cabral & Koglin 2014). De acordo com os autores, o ouro do tipo jacutinga, associa-se aos itabiritos manganésíferos, pulvulentos, silicosos e cortados por zonas de cisalhamentos da fase orogênica brasileira, pertencentes ao Grupo Itabira. Já o ouro associado aos veios de quartzo, encaixados nos quartzitos ferruginosos da Formação Cercadinho, ocorre em fraturas provenientes da fase deformacional transamazônica, por vezes com turmalinitos finos nas bordas, no contato com a encaixante.

### 5.1 INTRODUÇÃO

A área de estudo, localizada na porção norte do distrito de Santa Rita Durão, engloba as principais exposições da antiga mina de ouro de Cata Preta. As unidades estratigráficas expostas são constituídas pelo embasamento cristalino, representado pelo Complexo Santa Bárbara; Supergrupo Rio das Velhas, representado pelo Grupo Nova Lima Indiviso; e pelos grupos Caraça, Itabira Indiviso e Piracicaba, pertencentes ao Supergrupo Minas; além de coberturas cenozoicas. As Figuras 5.1 e 5.2 apresentam, respectivamente, o mapa geológico simplificado e a coluna estratigráfica esquemática do polígono investigado.



**Figura 5.1:** Mapa geológico simplificado da área de estudo. Modificado de Pinto & Silva (2014). Fm. = Formação.



**Figura 5.2:** Coluna estratigráfica esquemática da região de estudo. SVS = Supergrupo Rio das Velhas.

## 5.2 COMPLEXO SANTA BÁRBARA

O Complexo Santa Bárbara constitui o embasamento cristalino da folha Santa Rita Durão. É constituído por ortognaisses do tipo TTG (Tonalito-Trondhjemito-Granodiorito), conforme descrito por Baltazar & Raposo (1993).

Na área de estudo, as rochas dessa unidade encontram-se intensamente intemperizadas, tendo sido descrito um gnaisse de coloração rósea, granulação fina a média com cristais estirados, no qual o feldspato se altera formando manchas brancas na rocha (Figura 5.3a e 5.3b). Quando saprolitizadas, as rochas do Complexo Santa Bárbara, possuem coloração arroxeadada, amarela acinzentada e cinza, granulação muito fina, composição quartzo-feldspática (Figura 5.3c e 5.3d), apresentando-se, em certas exposições, foliadas e cortadas por veios centimétricos de quartzo.

O Complexo Santa Bárbara está em contato, na porção norte da área de estudo, com as rochas do Grupo Caraça. Conforme denotado no perfil esquemático A-B (Figura 5.1), tal contato ocorre de maneira invertida segundo uma falha de empurrão.

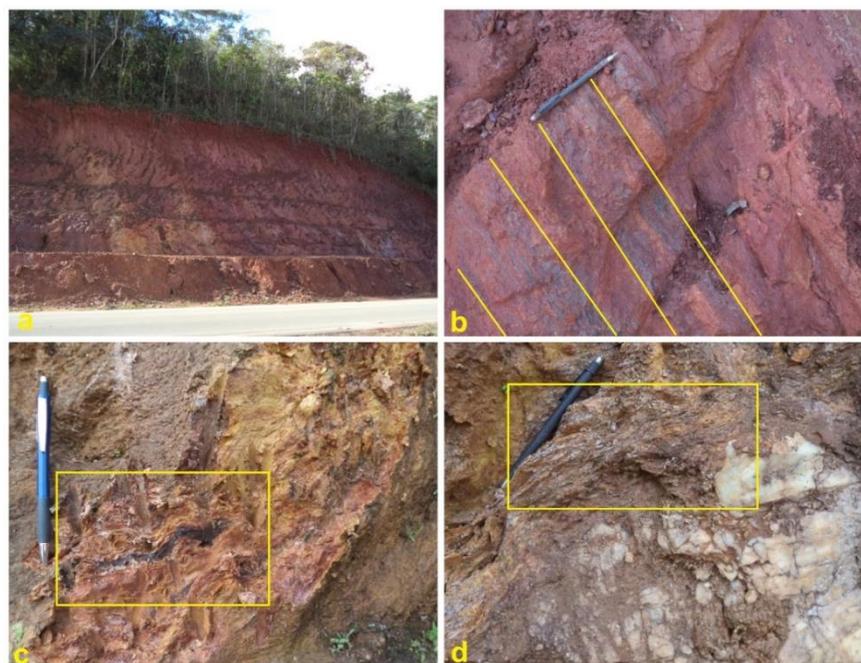


**Figura 5.3:** Fotos dos afloramentos do Complexo Santa Bárbara. a) Gnaisse intemperizado. Ponto SM-31. b) Amostra do gnaisse intemperizado. Ponto SM-31. c) Saprolito do Complexo Santa Bárbara. Ponto SM-27. d) Detalhe da foliação no saprolito. Ponto SM-27.

### 5.3 SUPERGRUPO RIO DAS VELHAS

O Supergrupo Rio das Velhas envolve o Grupo Nova Lima Indiviso, constituído por um espesso pacote de xistos fortemente intemperizados de coloração acinzentada a vermelho-arroxeadada (Figura 5.4a), granulação muito fina, com níveis centimétricos subordinados de formação ferrífera (Figura 5.4b), foliados e muitas vezes cortados por veios de quartzo (Figuras 5.4c e 5.4d).

O contato com as rochas sobrejacentes do Supergrupo Minas é de natureza tectônica, e ocorre segundo uma falha de empurrão. Já o contato inferior, com as rochas subjacentes do Complexo Santa Bárbara, não foi observado em campo..



**Figura 5.4:** Fotos dos afloramentos do Supergrupo Rio das Velhas. a) Visão geral do afloramento. Ponto SM-33. b) Xisto intemperizado de coloração vermelho-arroxeadada. Destaque para os níveis centimétricos subordinados de formação ferrífera. Ponto SM-33 c) Xisto intemperizado de coloração avermelhada, intensamente foliado. Ponto SM-32. d) Xisto intemperizado de coloração avermelhada, foliado e cortado por veios de quartzo. Ponto SM-32.

## 5.4 SUPERGRUPO MINAS

Na região de estudo o Supergrupo Minas compreende as sequências metassedimentares dos Grupos Caraça, Itabira Indiviso e Piracicaba.

### 5.4.1 Grupo Caraça

Representado pelas formações Moeda e Batatal, o Grupo Caraça aflora na região central do polígono investigado, segundo uma faixa com direção aproximada NE-SW.

A assembleia litológica da Formação Moeda é composta por um quartzito intemperizado, de coloração rosada, granulometria areia fina, constituído por quartzo e pouca mica, fraturado e cortado por veios de quartzo, que está em contato gradacional com um metaconglomerado monomítico suportado pelos clastos, intemperizado, com matriz de coloração arroxeadada, granulometria areia fina a média, composta por quartzo e mica (Figuras 5.5a e 5.5b). Os clastos observados têm composição quartzosa, medem de 1 a 15 cm e encontram-se estirados (Figura 5.5c). Já a Formação Batatal, que está em contato normal com as rochas da Formação Moeda, foi descrita em campo como um filito intensamente intemperizado, cuja coloração varia de amarelo pálido à mostarda, de granulação muito fina, composto por quartzo e mica, fraturado e cortado por veios quartzosos (Figura 5.5d).

O Grupo Caraça apresenta contato normal com as rochas do Grupo Itabira Indiviso.



**Figura 5.5:** Fotos dos afloramentos do Grupo Caraça. a) Quartzito intemperizado de coloração rosada da Formação Moeda. Ponto SM-21. b) Contato gradacional entre quartzito e metaconglomerado, ambos da Formação Moeda. c) Metaconglomerado monomítico com clastos estirados da Formação Moeda. Ponto SM-21b. d) Filito intensamente intemperizado de coloração amarelada da Formação Batatal. Ponto SM-20.

#### 5.4.2 Grupo Itabira Indiviso

O Grupo Itabira indiviso encontra-se fortemente intemperizado sendo representado por um espesso pacote de metacherts ferruginosos com camadas de filitos negros subordinados, ambos pertencentes à Formação Cauê.

O metachert ferruginoso possui coloração cinza escura a avermelhada, granulação fina, é composto por quartzo e óxido de ferro, sendo frequentemente cortado por veios de quartzo, intensamente fraturados, com finas películas escuras – de provável composição manganésifera – associadas aos planos de fratura (Figura 5.6a e 5.6b). Os filitos negros são untuosos ao tato, sujam muito as mãos, possuem granulação muito fina, mineralogia composta por quartzo, óxido de ferro e manganês, apresentam-se foliados e cortados por veios centimétricos de quartzo boudinados (Figuras 5.6c, 5.6d, 5.6e e 5.6f).



**Figura 5.6:** Fotos dos afloramentos da Formação Cauê, Grupo Itabira. a) Metachert ferruginoso recoberto por espessa capa de canga. Ponto SM-13. b) Metachert ferruginoso intemperizado e intensamente fraturado. Ponto SM-08. c) Detalhe para ocorrência de especularita no filito negro. Ponto SM-18. d) Filito negro localmente foliado. Ponto SM-02. e) Amostra coletada do filito negro intemperizado. Ponto SM-05. f) Detalhe para os veios de quartzo boudinados no filito negro. Ponto SM-02.

Foram observadas, nas imediações da Mina da Cata Preta, extensas cavas de garimpo abandonadas nas áreas aflorantes do filito negro supracitado (Figura 5.7a), além de indícios da presença de furos de sondagem provavelmente associados à pesquisa de ouro (Figura 5.7b).



**Figura 5.7:** Fotos dos afloramentos da Formação Cauê, Grupo Itabira. a) Cava de garimpo abandonada. Ponto SM-02. b) Evidências de antigos furos de sondagem. Ponto SM-10.

### 5.4.3 Grupo Piracicaba

Em contato tectônico com as rochas subjacentes do Grupo Itabira Indiviso, o Grupo Piracicaba ocorre na porção oeste da área de estudo, disposto na forma de uma faixa com direção aproximadamente Norte-Sul, cuja assembleia litológica engloba quartzitos e quartzitos ferruginosos ora intercalados a filitos prateados pertencentes à Formação Cercadinho.

O quartzito ferruginoso observado encontra-se intemperizado, com coloração variando de cinza a arroxeada, possui granulação fina a média, mineralogia composta por quartzo, óxido de ferro e pouca mica, apresentando-se bandado, foliado, fraturado e cortado por veios de quartzo branco a fumê, com até 80 cm de espessura (Figuras 5.8a, 5.8b e 5.8c), cujas bordas são assinaladas por turmalinitos finos (Figura 5.8d e 5.8e). Antigas galerias de exploração aurífera da Mina Cata Preta são alocadas nos quartzitos ferruginosos e seguem a direção dos veios quartzosos (Figura 5.8f).



**Figura 5.8:** Fotos dos afloramentos do Grupo Piracicaba. a) Visão geral do afloramento com veio de quartzo delimitado. Ponto SM-01. b) Detalhe para o veio de quartzo inserido no quartzito ferruginoso. Ponto SM-01. c) Amostra de quartzito ferruginoso coletada. Ponto SM-01. d) Veio de quartzo. Destaque para a turmalinização em sua borda. Ponto SM-01. e) Detalhe das turmalinas finas presentes nas bordas dos veios. Ponto SM-01. f) Antigas galerias de exploração aurífera que seguem a direção dos veios quartzosos. Ponto SM-03.

Os quartzitos apresentam-se acamadados, muito intemperizados, com coloração acinzentada a rosada, granulometria areia média, sendo compostos por quartzo e pouca mica, fraturados e cortados por veios centimétricos de quartzo (Figura 5.9a). Esses quartzitos intercalam-se a filitos prateados (Figura 5.9b) de granulização fina, que quando intemperizados adquirem coloração amarelada (Figura 5.9c), que possuem magnetitas euédricas (Figura 5.9d).



**Figura 5.9:** Fotos dos afloramentos do Grupo Piracicaba. a) Quartzito fortemente intemperizado, fraturado e cortado por veios de quartzo. Detalhe para acamamento. Ponto SM-16. b) Filito prateado fracamente intemperizado. Ponto SM-16. c) Filito com coloração amarelada, consequência do intemperismo. Detalhe para a foliação. Ponto SM-16. d) Detalhe para ocorrência de magnetitas euédricas nos filitos descritos. Ponto SM-16.

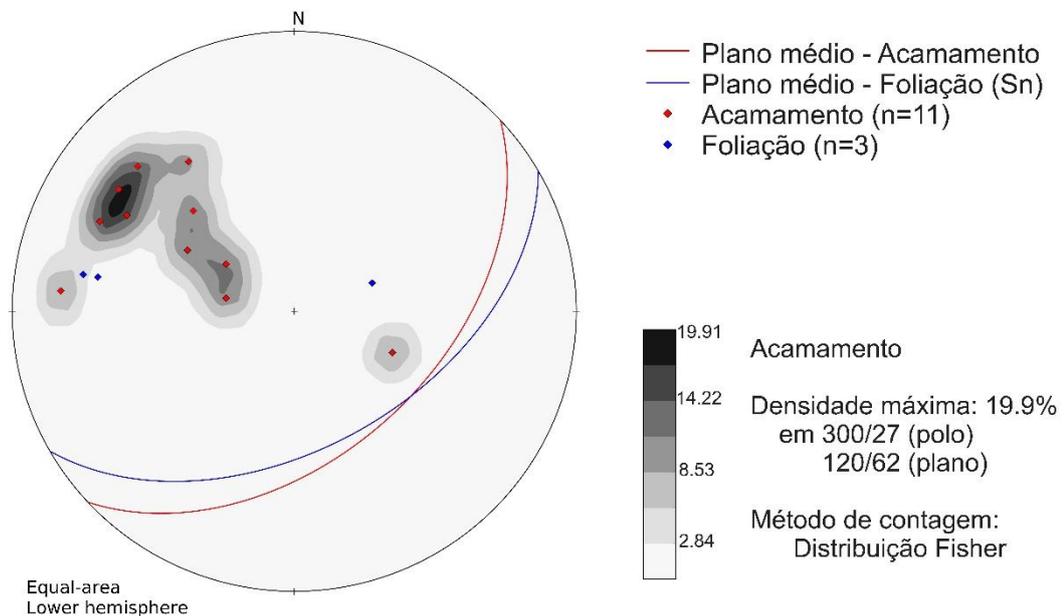
## 5.5 GEOLOGIA ESTRUTURAL

Os dados estruturais compreendem as medidas das principais estruturas observadas em campo, as quais foram subdivididas em: acamamento ( $S_{0t}$ ), foliação ( $S_n$ ), foliação ( $S_{n+1}$ ), lineação de crenulação ( $L_c$ ), lineação de intersecção ( $L_i$ ), fratura ( $Fr$ ) e veios ( $V$ ; Tabela 5.1). Os dados foram tratados estatisticamente por meio da construção de diagramas estereográficos e são apresentados a seguir.

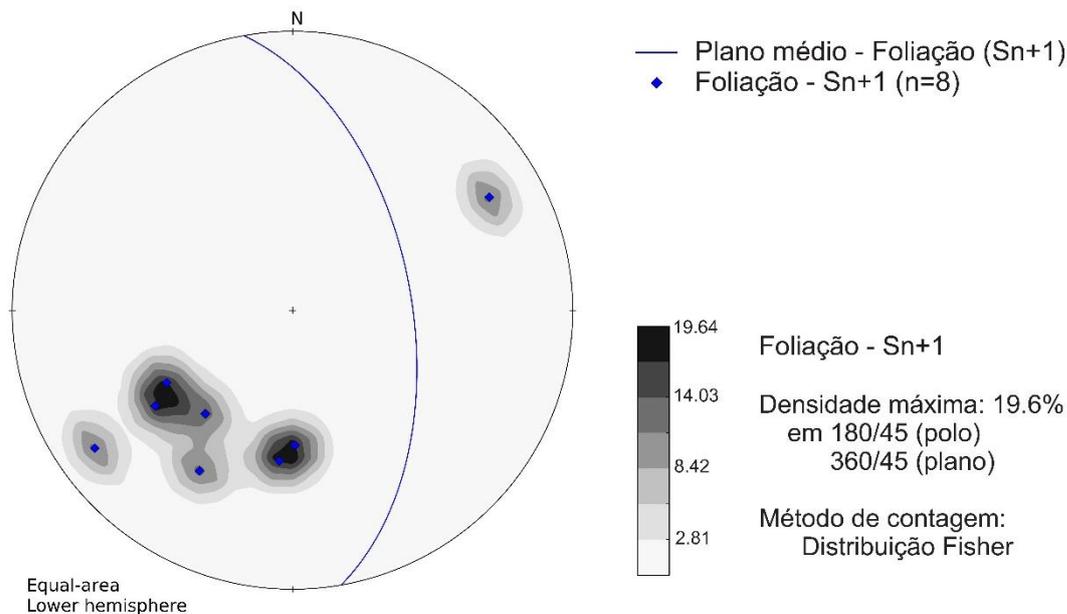
**Tabela 5.1:** Medidas estruturais efetuadas em campo.

Estrutura	Nº de medidas
Acamamento ( $S_{0t}$ )	22
Foliação ( $S_n$ ; $S_{n+1}$ )	32
Veio (V)	11
Fratura (Fr)	32
Lineação de crenulação (Lc)	2
Lineação de interseção (Li)	2

O acamamento ( $S_{0t}$ ), observado nas rochas metassedimentares do Supergrupo Minas, é caracterizado pela variação composicional e/ou granulométrica dos pacotes de quartzitos e possui direção, aproximadamente, NE-SW mergulhando para SE, apresentando-se subparalelo à foliação –  $S_n$ . Essa relação é condizente com as observações efetuadas por Alkmim *et al.* (1998), que relacionam essas estruturas com as dobras de escala regional representadas pelo Sinclinal Gandarela, pelo Anticlinal de Conceição, pela porção nordeste do Sinclinal Ouro Fino e pelos sinclinais Itabira e Monlevade, desenvolvidas durante o evento Transamazônico. A Figura 5.10 apresenta o diagrama de contorno ao polo do acamamento aliados as medidas de foliação ( $S_n$ ).

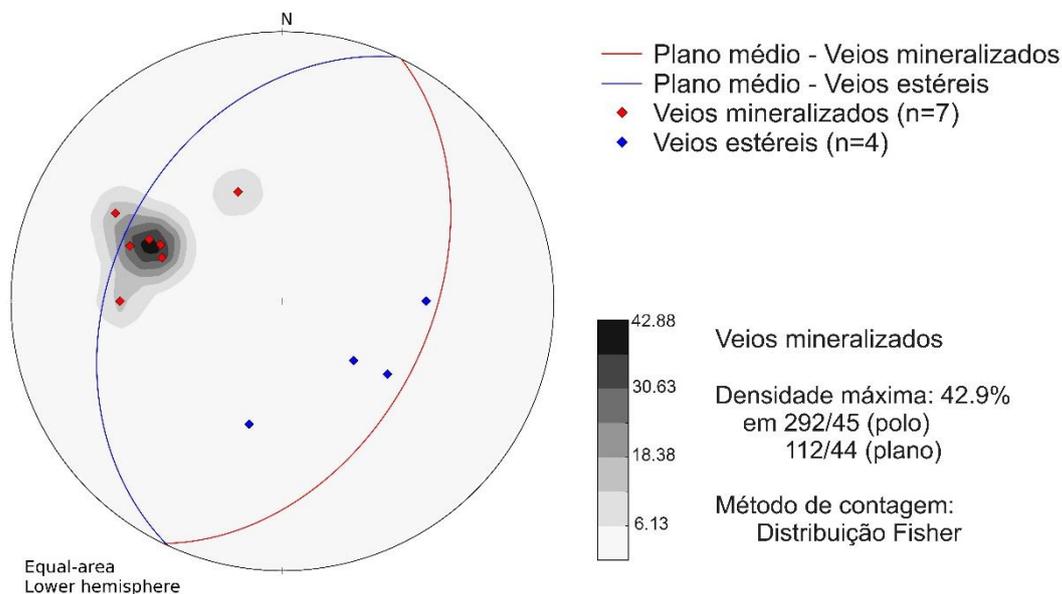
**Figura 5.10:** Estereograma de contorno ao polo do acamamento e foliação ( $S_n$ ).

A segunda família de foliação,  $S_{n+1}$ , constitui a estrutura mais proeminente observada na área de estudo, possuindo direção aproximadamente NW-SE, mergulhando para NE (Figura 5.11). Baltazar & Raposo (1993), ao realizarem o mapeamento da Folha Mariana, reportam direções similares para a foliação principal da área, e atribuem sua origem ao evento orogênico brasileiro.



**Figura 5.11:** Diagrama estereográfico de contorno ao polo da foliação (Sn+1).

Os veios de quartzo medidos no campo possuem orientação, aproximadamente, NE-SW e mergulham ora para SE, ora para NW (Figura 5.12). Segundo Chauvet 2001; Cavalcanti & Xavier 2006; Vial *et al.* 2007, os veios quartzosos cujas bordas são assinaladas por turmalinitos finos e que se situam (sub)paralelos à foliação (mergulham para SE), são comumente mineralizados em ouro, sendo utilizados como guia prospectivo.



**Figura 5.12:** Diagrama estereográfico de contorno ao polo dos veios mineralizados e estéreis.

As fraturas identificadas possuem direções extremamente variadas não sendo possível a identificação de uma orientação preferencial para as mesmas.

## CAPÍTULO 6

# CARACTERIZAÇÃO PETROGRÁFICA DAS ROCHAS ENCAIXANTES DAS MINERALIZAÇÕES AURÍFERAS

---

### 6.1 INTRODUÇÃO

A partir do trabalho de campo e amostragem, foram selecionadas amostras relativas às principais rochas hospedeiras da mineralização aurífera, visando à caracterização de sua assembleia mineral e processos de alteração hidrotermal. Na área de trabalho, as rochas hospedeiras correspondem aos itabiritos da Formação Cauê (Grupo Itabira) e, subordinadamente, aos quartzitos ferruginosos que encaixam os veios de quartzo da Formação Cercadinho (Grupo Piracicaba).

Devido ao alto grau de alteração apresentado pelos itabiritos da Formação Cauê, lâminas delgadas e polidas somente foram confeccionadas para as rochas da Formação Cercadinho. Sendo assim, serão apresentadas neste capítulo as descrições microscópicas relativas às amostras SM-01A, SM-01B, SM-01C e SM-03.

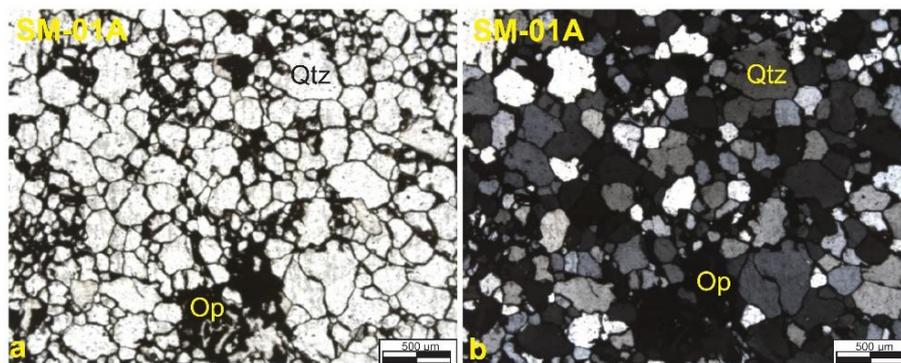
Os trabalhos de Nicholson (1980) e Fettes & Desmons (2007) foram utilizados como base para a nomenclatura das rochas descritas. As fichas de descrições petrográficas estão disponíveis no Apêndice 6.

Ao longo das análises de petrografia a identificação de certos minerais opacos foi impossibilitada. Logo, alvos foram determinados e análises de Microscopia Eletrônica de Varredura acoplada a espectrômetro de energia dispersiva (MEV-EDS) efetuadas para as amostras SM-01A, SM-01B e SM-03, tendo sido conduzidas no Laboratório de Microscopia e Microanálises (LMic) da Universidade Federal de Ouro Preto - UFOP. Os dados químicos originados encontram-se disponíveis no Apêndice 7.

### 6.2 LITOTIPOS DA FORMAÇÃO CERCADINHO

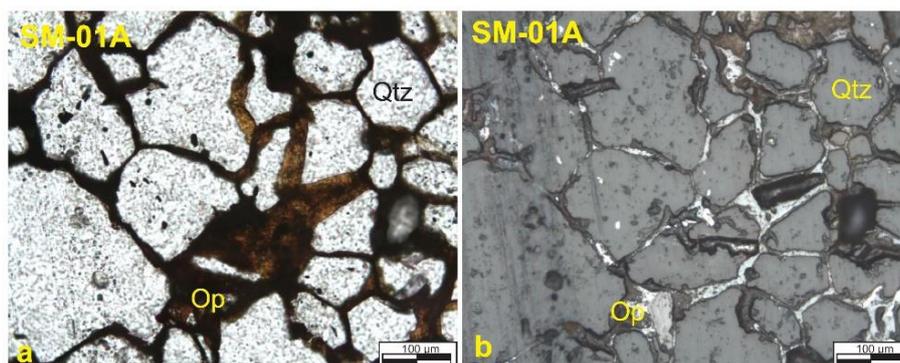
#### 6.2.1 Quartzito ferruginoso

Rocha intemperizada, de coloração cinza a arroxeadada, composta, essencialmente, por quartzo, cerca de 80%, e goethita, com granulação variando de fina a média e textura granoblástica. Sericita, clorita, zircão, pirrotita e xenotima ocorrem como minerais acessórios. A Figura 6.1 ilustra a visão geral da lâmina.

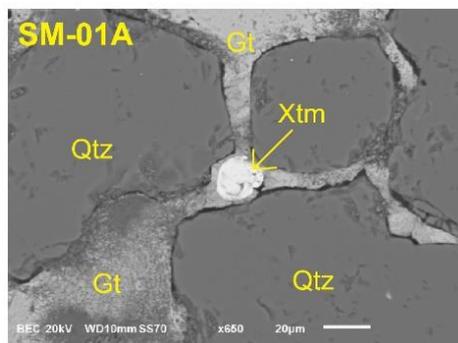


**Figura 6.1:** Fotomicrografias da lâmina SM-01A. a) Visão geral da lâmina. Luz Transmitida. Polarizadores paralelos. b) Visão geral da lâmina. Luz transmitida. Polarizadores cruzados. Op = opaco; Qtz = quartzo.

A mineralogia opaca (Figuras 6.2 e 6.3) concentra-se nos espaços intergranulares dos agregados quartzosos e constitui-se, predominantemente, por goethita, com pirrotita e xenotima subordinada.



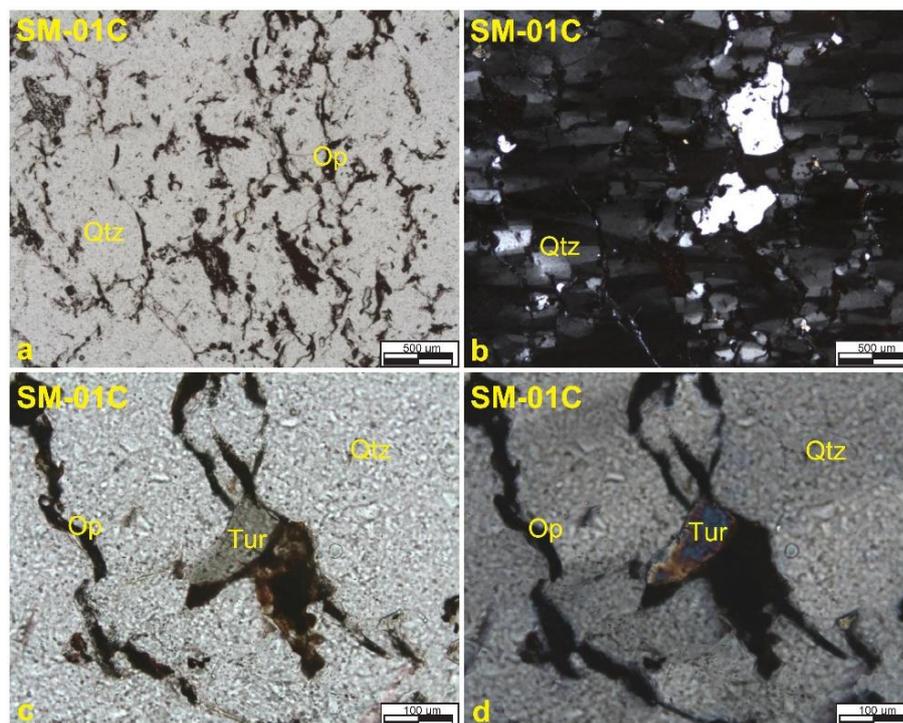
**Figura 6.2:** Fotomicrografias da lâmina SM-01A. a) Opacos concentrados nos espaços intergranulares dos agregados quartzosos. Luz transmitida. Polarizadores paralelos. b) Opacos concentrados nos espaços intergranulares dos agregados quartzosos. Luz refletida. Polarizadores paralelos. Op = opaco; Qtz = quartzo.



**Figura 6.3:** Imagem de elétrons retroespalhados da lâmina SM-01A. Cristal de xenotima em detalhe. Gt = goethita; Qtz = quartzo; Xtm = xenotima.

### 6.2.2 Veio de quartzo

Veios de quartzo (Figura 6.4), branco a fumê, com até 80 cm de espessura, cuja granulação varia de fina a grossa, possuindo textura granoblástica e *boxwork*, com goethita e turmalina constituindo a mineralogia acessória.

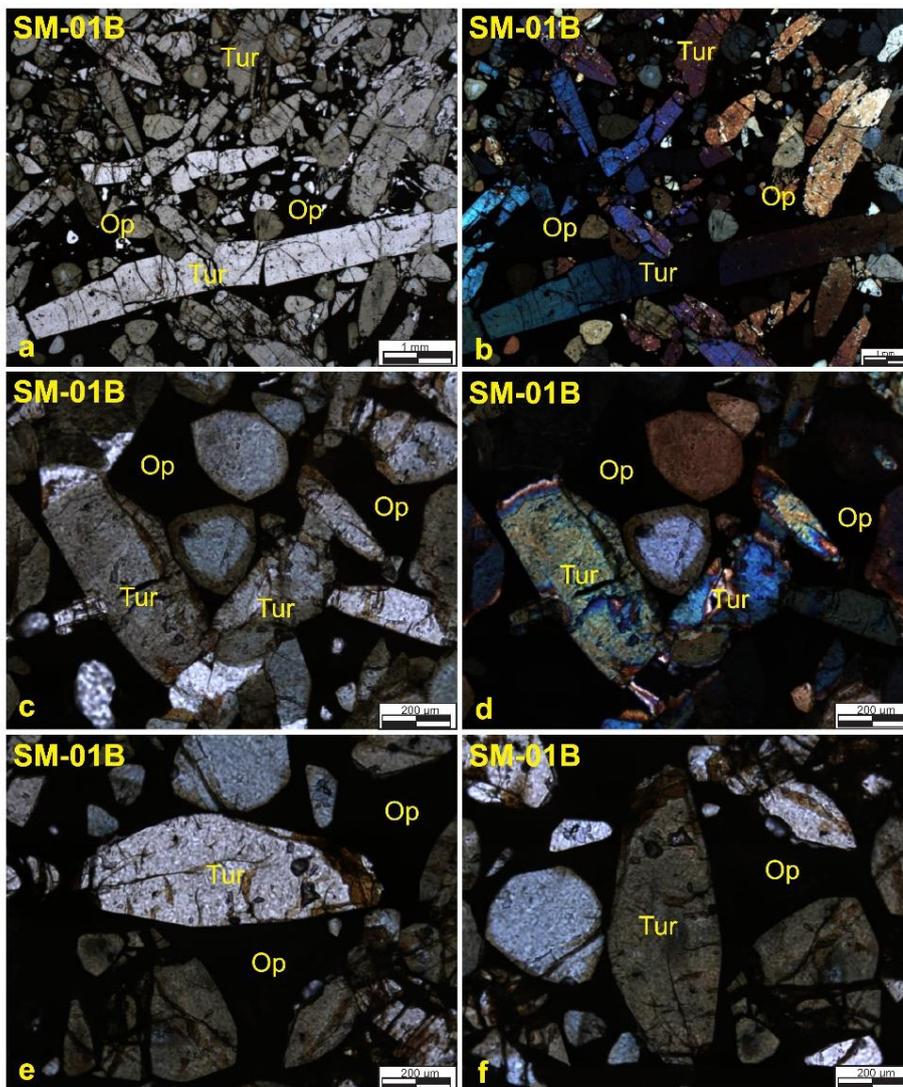


**Figura 6.4:** Fotomicrografias da lâmina SM-01C. a) Visão geral da lâmina. Luz transmitida. Polarizadores paralelos. b) Visão geral da lâmina. Luz transmitida. Polarizadores cruzados. c) Detalhe para ocorrência de turmalina. Luz transmitida. Polarizadores paralelos. d) Detalhe para ocorrência de turmalina. Luz transmitida. Polarizadores cruzados. Op = opaco; Qtz = quartzo; Tur = turmalina.

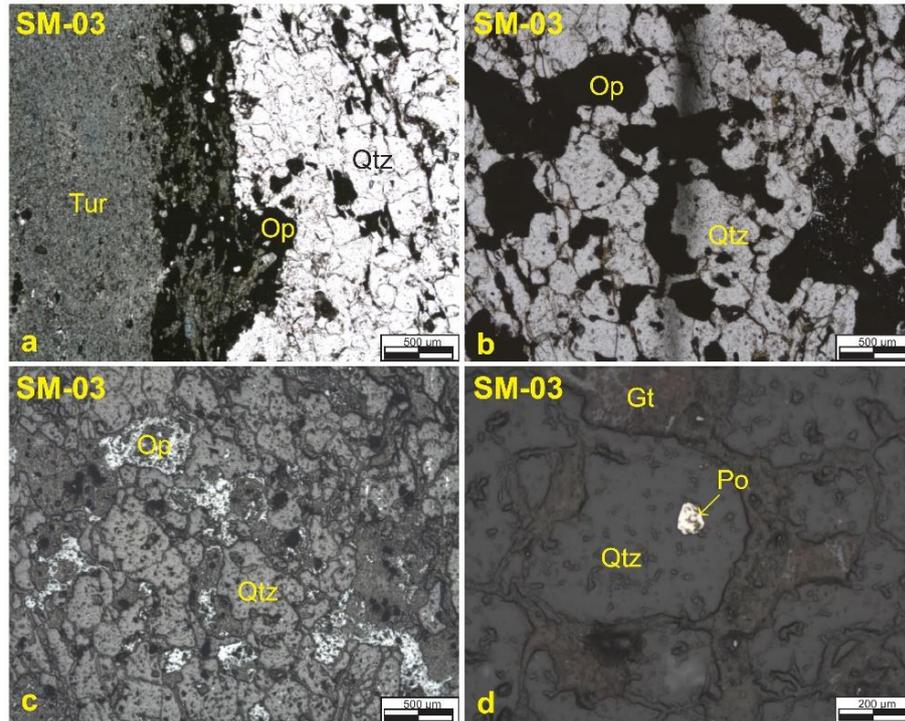
### 6.2.3 Turmalinito

Foram identificados, turmalinitos finos, com cerca de 5 cm de espessura, nas bordas dos veios de quartzo branco a fumê supracitados. A assembleia mineral constituiu-se, predominantemente, por turmalina, cujo teor varia de 46 a 70%, goethita, com porcentagem entre 12 e 15%, e quartzo, variando entre 8 e 40%. Os cristais de turmalina são euédricos (lâmina SM-01B) a anédricos (lâmina SM-03), possuem granulação variando de fina a grossa, apresentando, nos cristais euédricos a subédricos, seções basais triangulares zonadas. Clorita, sericita, carbonato, titanita, zircão, pirrotita, xenotima e monazita compõem a mineralogia acessória (Figuras 6.5, 6.6 e 6.7).

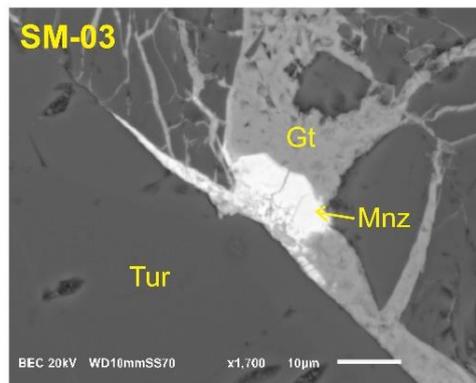
Quanto aos minerais opacos, concentram-se nos espaços intergranulares e nas fraturas dos agregados de turmalina, na lâmina SM-01B (Figura 6.8), e, na interface entre os cristais de turmalina e quartzo, lâmina SM-03.



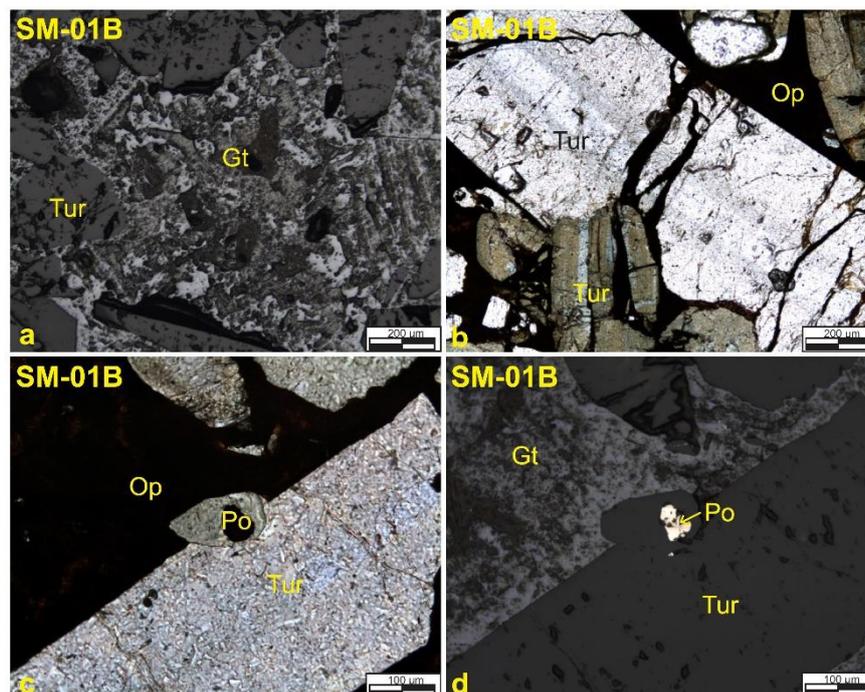
**Figura 6.5:** Fotomicrografias da lâmina SM-01B. a) Visão geral da lâmina. Luz transmitida. Polarizadores paralelos. b) Visão geral da lâmina. Luz transmitida. Polarizadores cruzados. c) Turmalina, detalhe para seção basal triangular. Luz transmitida. Polarizadores paralelos. d) Turmalina, detalhe para seção basal triangular. Luz transmitida. Polarizadores cruzados. e) Turmalina, detalhe do pleocroísmo inverso. Luz transmitida. Polarizadores paralelos. f) Turmalina, detalhe do pleocroísmo inverso. Luz transmitida. Polarizadores paralelos. Op = opaco; Tur = turmalina.



**Figura 6.6:** Fotomicrografias da lâmina SM-03. a) Opacos concentrados na interface turmalina-quartzo. Luz transmitida. Polarizadores paralelos. b) Opacos em detalhe. Luz transmitida. Polarizadores paralelos. c) Opacos em detalhe. Luz refletida. Polarizadores paralelos. d) Cristal de pirrotita em detalhe. Luz refletida. Polarizadores paralelos. Gt = goethita; Op = opaco; Po = pirrotita; Qtz = quartzo; Tur = turmalina.



**Figura 6.7:** Imagem de elétrons retroespalhados da lâmina SM-03. Cristal de monazita em detalhe. Gt = goethita; Mnz = monazita; Tur = turmalina.



**Figura 6.8:** Fotomicrografias da lâmina SM-01B. a) Visão geral dos opacos. Luz refletida. Polarizadores paralelos. b) Opacos preenchendo as fraturas na turmalina. Luz transmitida. Polarizadores paralelos. c) Pirrotita inclusa na turmalina. Luz transmitida. Polarizadores paralelos. d) Pirrotita inclusa na turmalina. Luz refletida. Polarizadores paralelos. Gt = goethita; Op = opaco; Po = pirrotita; Tur = turmalina.

### 6.3 BREVES CONSIDERAÇÕES

Dentre os processos de alteração hidrotermal, silicificação, sulfetação e turmalinização, apenas a silicificação, através dos expressivos sistemas de veios quartzosos, e a turmalinização, por meio da geração de cristais de turmalina nas bordas desses sistemas de veios, foram identificados de maneira expressiva nas lâminas descritas. A sulfetação, processo que consiste na geração sulfetos tais como arsenopirita, pirita, pirrotita e calcopirita, somente foi identificada pela existência de diminutos cristais de pirrotita que ocorrem nas rochas descritas como mineral-traço.

De acordo com Chauvet (2001), Cavalcanti & Xavier (2006) e Vial *et al.* (2007), a composição mineralógica dos veios quartzosos é diretamente dependente da sua rocha hospedeira. Segundo os autores, quando a encaixante consiste de quartzito essa composição torna-se mais simples, sendo formada por quartzo, turmalina, sericita e sulfetos.

Quando comparados aos sistemas de veios da Mina de Passagem de Mariana (Vial *et al.* 2007) os veios quartzosos da Mina da Cata Preta aqui descritos, possuem um volume maior de quartzo, menor porcentagem de turmalina, além de não apresentarem sulfetos e possuírem hidróxido de ferro. Os cristais de turmalina observados ao longo das margens desses veios são bastante semelhantes àqueles descritos pelos autores, caracterizados como grandes cristais zonados, livres de inclusões fluidas.

# CAPÍTULO 7

## ANÁLISE GEOQUÍMICA

---

### 7.1 CARACTERÍSTICAS GEOQUÍMICAS DAS ROCHAS ANALISADAS

Neste capítulo são apresentados os resultados das análises de Espectrometria de Emissão Óptica com Plasma Indutivamente Acoplado (ICP-OES) dos elementos maiores, menores e traços, efetuadas para três amostras de “carvoeiras”, pertencentes à Formação Cauê, Grupo Itabira, coletadas nas proximidades da Mina da Cata Preta. Os dados obtidos estão expostos nas Tabelas 7.1 e 7.2. A título de comparação, a Tabela 7.3 expõe os resultados das investigações geoquímicas previamente executadas em formações ferríferas hospedeiras de mineralizações do tipo jacutinga oriundas de diferentes depósitos do Quadrilátero Ferrífero (Olivo *et al.* 1995, 2001; Cabral 2003 e Oliveira 2015). Vale ressaltar que, devido ao avançado grau de alteração intempérica das amostras analisadas neste trabalho, os resultados aqui reportados devem ser utilizados com cautela, especialmente para os elementos mais móveis, cujo padrão atual possivelmente apresenta interferência tanto da alteração hidrotermal (tipicamente presente em depósitos do tipo Jacutinga) quanto do intemperismo. Embora a análise das três amostras coletadas não seja representativa de todo o depósito, a mesma permite fazer breves considerações sobre a geoquímica da rocha hospedeira da mineralização.

Com relação aos elementos maiores (apresentados na forma de óxidos, em porcentagem de peso; Tabela 7.1), as amostras analisadas possuem uma química de rocha total bastante simples na qual os conteúdos de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  variam entre 12,5 e 42,5 (% peso), os de  $\text{MnO}$  de 4,9 a 38,0 (% peso), os de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  de 2,4 a 2,6 (% peso) e os de  $\text{MgO}$  de 0,06 a 0,3 (% peso).  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{CaO}$  e  $\text{K}_2\text{O}$  apresentam concentrações inferiores a 0,1 (% peso).

**Tabela 7.1:** Resultados analíticos dos elementos maiores e menores convertidos para porcentagem de peso dos óxidos.

Óxido	SM-02	SM-05	SM-18
Porcentagem de peso			
$\text{Fe}_2\text{O}_3$	12,5	14,8	42,5
$\text{Al}_2\text{O}_3$	2,4	2,6	2,5
$\text{MnO}$	30,6	38	4,9
$\text{Ti}_2\text{O}$	0,04	0,02	0,1
$\text{MgO}$	0,06	0,3	0,1
$\text{Na}_2\text{O}$	0,007	0,006	<0,0009
$\text{CaO}$	0,06	0,1	0,04
$\text{K}_2\text{O}$	0,7	0,6	0,08

Dentre os elementos-traço (Tabela 7.2), destacam-se os valores relativamente altos de bário (de 469,3 a 2407,3 ppm), cobalto (de 17,99 a 572,38 ppm), níquel (de 20,96 a 2077,81 ppm), vanádio (de 11,06 a 76,40 ppm) e ítrio (de 3,81 a 69,90 ppm); valores esses correlacionáveis com as observações efetuadas por Selmi *et al.* (2009), para a distribuição dos conteúdos de elementos-traço nas formações ferríferas da borda leste do Quadrilátero Ferrífero.

**Tabela 7.2:** Resultados da análise de elementos traço das amostras coletadas.

Elemento	LQ	SM-02	SM-05	SM-18
Partes por milhão				
As	15,16	29,97	<LQ	<LQ
Ba	1,09	2407,31	2110,08	469,27
Bi	9,8	<LQ	<LQ	<LQ
Cd	0,98	5,73	2,71	<LQ
Co	3,12	57,45	572,38	17,99
Cr	2,16	<LQ	<LQ	59,53
Cu	2,46	14,38	216,99	20,5
Li	4,18	<LQ	<LQ	<LQ
Mo	2,44	<LQ	<LQ	<LQ
Ni	6,04	61,48	2077,81	20,96
Sc	0,5	<LQ	3,83	3,03
Sr	0,61	108,62	847,92	79,51
Th	8,88	48,87	51,53	14,92
V	1,26	11,31	11,06	76,4
Y	0,38	44,93	69,9	3,81
Zn	0,62	166,4	637,69	58,52
Be	0,27	10,02	50,58	1,78
Sb	15	<LQ	<LQ	21,49
Zr	0,81	8,47	8,35	23,21
Pb	14,16	33	28,53	<LQ
P	13,86	1039,17	2154,35	1091,81
S	16,42	407,8	470,25	90,22

LQ = Limite de Quantificação.

Conforme demonstrado na Tabela 7.3, a amostra SM-02 correlaciona-se mais satisfatoriamente com aquelas coletadas na Mina de Conceição, analisadas por Olivo *et al.* (2001), as quais exibem concentrações semelhantes de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, TiO<sub>2</sub>, MgO, CaO, Cu, V, As, e Cd. Já as amostras SM-05 e SM-18 possuem uma maior semelhança com aquelas originárias da Mina de Gongo Soco, estudadas por Cabral (2003), que apresentam conteúdos similares de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, TiO<sub>2</sub>, MgO, CaO, Ni, Cr, V, Pb e Cd.

**Tabela 7.3:** Concentração de elementos maiores, menores e traço para formações ferríferas do tipo jacutinga de diferentes depósitos do Quadrilátero Ferrífero.

Elemento	Cata Preta <sup>(1)</sup> SM-02	Cata Preta <sup>(1)</sup> SM-05	Cata Preta <sup>(1)</sup> SM-18	Cauê <sup>(2)</sup>	Conceição <sup>(3)</sup>	Gongo Soco <sup>(4)</sup>	Itabira <sup>(4)</sup>	Brucutu <sup>(5)</sup>
Porcentagem								
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12,5	14,8	42,5	53-94,2	80-95	27,2-94,5	48,9-78,8	97,4-99,7
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,4	2,6	2,5	1,2-2,2	0,8-3,1	0,4-3,6	0,4-1,4	0,4-1
MnO	30,6	38	4,9	0,5-1,5	0,1-0,9	0,06-1,1*	0,08-0,4*	0,08-0,2
TiO <sub>2</sub>	0,04	0,02	0,1	0,04-0,07	0,03-0,09	0,02-0,2	<0,02-0,05	0,03-0,04
MgO	0,06	0,3	0,1	-	0,06-0,2	0,07-0,7	<0,02-3,8	<0,01
Na <sub>2</sub> O	0,007	0,006	<0,0009	0,02	0,01-0,1	<0,01-0,2	<0,01-0,03	<0,01-0,1
CaO	0,06	0,1	0,04	-	0,06-0,1	<0,01-0,07	<0,01-0,03	0,02-0,03
K <sub>2</sub> O	0,7	0,6	0,08	0,9-2,6	0,02	<0,01-0,03	<0,01-0,2	<0,01
Partes por milhão								
Cu	14,4	217	20,5	1,0-13,0	6-34	2-14	2-53	1,5-2,6
Ni	61,5	2077,8	21	2,0-44,0	21-56	3-60	<1-134	1,8-20,7
Cr	<2,16	<2,16	59,5	218-422	87-377	20-467	73-3780	-
V	11,3	11,1	76,4	13-87	6-177	15-233	7-96	30-81
As	30	<15,16	<15,16	13-26	1,5-40	3,7-9	<0,5-27,4	1,2-2
Sb	<15	<15	21,5	5-12	0,5-6	0,3-8	0,4-2,2	0,1-1,1
Zn	166,4	637,7	58,5	4-42	16-81	7-31	9-116	<1-19
Pb	33	28,5	<14,16	2-19	4-7	<3-135	8-84	0,8-1,2
Cd	5,7	2,7	<0,98	1,7-5,2	2,2-7,4	<0,3-2,6	<0,3	<0,1
Ba	2407,3	2110,1	469,3	13-84	10-123	13-610	<50	13-19

<sup>(1)</sup> Este estudo<sup>(2)</sup> Olivo *et al.* (1995)<sup>(3)</sup> Olivo *et al.* (2001)<sup>(4)</sup> Cabral (2003)<sup>(5)</sup> Oliveira (2015)

De maneira geral, quando comparadas aos dados bibliográficos (Tabela 7.3), as amostras investigadas neste estudo exibem um expressivo enriquecimento em MnO e uma significativa depleção nos valores de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Segundo Cabral & Koglin (2014), os conteúdos elevados de manganês e moderados de ferro justificam-se, na mina da Cata Preta, pela mineralogia da rocha hospedeira que, nas proximidades do contato entre as rochas do Grupo Itabira com os quartzitos do Grupo Piracicaba,

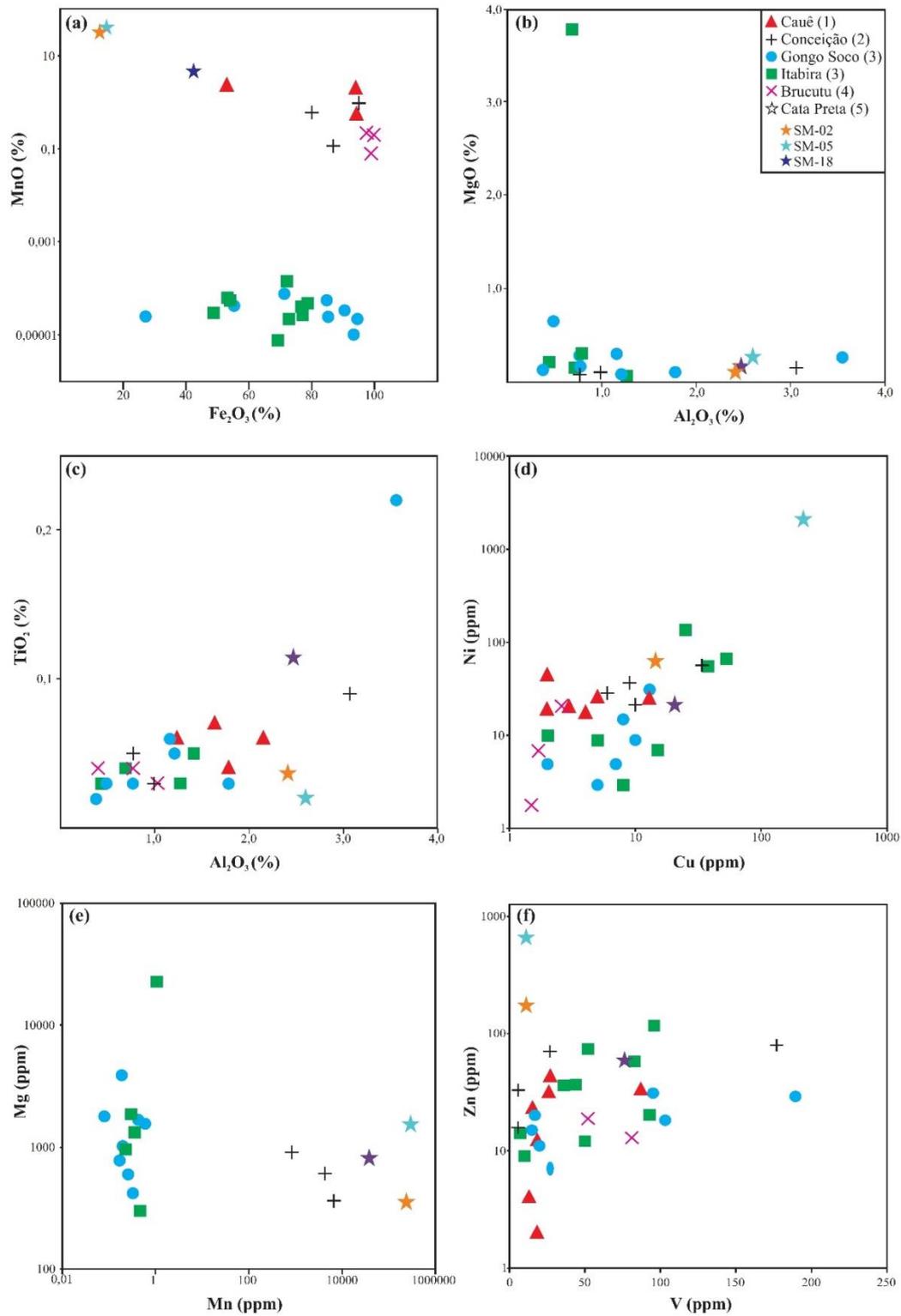
trata-se, muitas vezes, de bolsões de rochas negras brechadas cuja matriz é composta por óxido de manganês impregnada por especularita, e não de formações ferríferas. Vale salientar que a relação entre a mineralização de ouro paladiado (Jacutinga) e o manganês é há muito reconhecida, tendo sido observada por Henwood (1871) e proposta como guia prospectivo por Oliveira (1932).

Arsênio, antimônio e cobre fazem parte da estrutura dos principais metais preciosos paladiados, compondo arsenetos, antimonetos e óxidos de cobre com paládio, podendo atuar como farejadores para mineralizações do tipo Jacutinga, onde o paládio está intimamente associado ao ouro (Olivo & Gauthier 1995; Olivo *et al.* 1995; Olivo & Gammons 1996). Quantidades detectáveis de arsênio foram identificadas na amostra SM-02 (29,97 ppm), e de antimônio na amostra SM-18 (21,49 ppm), e quantidades variáveis de cobre (14,4 a 217 ppm) foram encontradas em todas as amostras analisadas. As concentrações constatadas, para os três elementos, são consideradas relativamente elevadas, quando comparadas àquelas aferidas em jacutingas de diferentes minas do Quadrilátero Ferrífero.

Em seu estudo, Cabral (2003) sugere que o ouro paladiado possua uma relação direta com a existência de hematita cromífera nas zonas mineralizadas. Dentre as amostras analisadas, o elemento cromo foi identificado somente na amostra SM-18, com concentração de 59,5 ppm, considerada baixa quando comparada aos demais estudos realizados em mineralizações auríferas do tipo jacutinga.

A Figura 7.1 traz, para efeito de comparação, seis diagramas binários que correlacionam as concentrações de alguns dos elementos analisados, principalmente aqueles de caráter mais imóvel, contrapondo as amostras analisadas neste trabalho e os dados obtidos por outros autores para rochas hospedeiras de mineralizações do tipo Jacutinga (Olivo *et al.* 1995, 2001; Cabral 2003 e Oliveira 2015). No diagrama de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  versus MnO (Figura 7.1a) as amostras SM-02 e SM-13 formam um campo distinto das demais devido ao seu alto conteúdo de MnO e baixa concentração de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . Neste gráfico, a amostra SM-18 exibe semelhança com uma das amostras estudadas por Olivo *et al.* (1995) na Mina do Cauê. No gráfico 7.1b,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  versus MgO, apesar das concentrações semelhantes de MgO, as amostras da Mina da Cata Preta configuram um grupo distinto das demais graças aos seus maiores valores de  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Com relação ao gráfico  $\text{Al}_2\text{O}_3$  versus  $\text{TiO}_2$  (Figura 7.1c), os conteúdos de óxido de titânio das amostras investigadas são relativamente semelhantes àqueles oriundos da bibliografia. Contudo, assim como no diagrama 7.1b, as maiores concentrações de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  contribuem para a singularidade das amostras do depósito de Cata Preta. Analisando-se os conteúdos de Ni versus Cu (Figura 7.1d), apenas a amostra SM-05 apresenta valores díspares aos bibliográficos, registrando maiores concentrações de ambos os constituintes. No binário Mn versus Mg (Figura 7.1e), devido as altíssimas concentrações de Mn, as amostras deste estudo configuram um campo singular com relação as demais. As amostras SM-02 e SM-05, no gráfico V versus Zn (Figura 7.1f) encontram-se em um

campo distinto por seus maiores conteúdos de Zn, enquanto a amostra SM-18 apresenta assinatura semelhante às encontradas pelos demais autores.



**Figura 7.1:** Diagramas binários para amostras de formações ferríferas do tipo *jacutinga* provenientes de diferentes minas do Quadrilátero Ferrífero. a) Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> versus MnO. b) Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> versus MgO. c) Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> versus TiO<sub>2</sub>. d) Cu versus Ni. e) Mn versus Mg. f) V versus Zn. (1) = Olivo *et al.* (1995), (2) = Olivo *et al.* (2001), (3) = Cabral (2003), (4) = Oliveira (2015), (5) = Este estudo.

Moura, S. L. G. 2019, Caracterização químico-mineralógica das rochas encaixantes das mineralizações...

## CAPÍTULO 8

### CONCLUSÕES

---

Conforme observado no mapeamento da área de estudo, e nos trabalhos efetuados por Baltazar & Raposo (1993) e Raposo (1996), afloram na Mina da Cata Preta e suas proximidades, o embasamento cristalino, representado pelo Complexo Santa Bárbara; o Supergrupo Rio das Velhas, representado pelo Grupo Nova Lima Indiviso; e o Supergrupo Minas, representado pelos grupos Caraça, Itabira, Piracicaba e Sabará. As mineralizações auríferas da mina situam-se no flanco leste invertido do Sinclinal Santa Rita, que apresenta-se cisalhado no contato do itabirito (pertencente ao Grupo Itabira) sobre o quartzito (pertencente ao Grupo Piracicaba).

Os antigos trabalhos mineiros foram desenvolvidos nas porções em que afloram as rochas da Formação Cauê e da Formação Cercadinho. As ocorrências de ouro do tipo jacutinga, associam-se as rochas manganésíferas, pulvulentas e silicosas da Formação Cauê, que foram lavradas a céu aberto na região, na forma de catas. Já o minério aurífero orogênico, hospeda-se em sistemas de veios de quartzo que ocorrem encaixados nos quartzitos ferruginosos da Formação Cercadinho, cuja exploração se deu através da instalação de galerias, alocadas segundo a direção dos veios mineralizados.

Devido ao alto grau de intemperismo das rochas manganésíferas da Formação Cauê, foram realizados estudos geoquímicos nas amostras. Neste trabalho, as amostras analisadas possuem uma química de rocha total bastante simples sendo constituída, essencialmente, por  $MnO$ ,  $Fe_2O_3$  e  $Al_2O_3$ . Quando comparadas a outros estudos geoquímicos de itabiritos manganésíferos hospedeiros de mineralizações auríferas jacutinga, as amostras investigadas correlacionam-se mais satisfatoriamente com aquelas coletadas na Mina de Conceição e na Mina de Gongo Soco, apresentando conteúdos similares de  $Al_2O_3$ ,  $TiO_2$ ,  $MgO$ ,  $CaO$ ,  $V$ , e  $Cd$ . Contudo, essas mesmas amostras, exibem um altíssimo enriquecimento em  $MnO$  e uma significativa depleção nos valores de  $Fe_2O_3$ , que se justificam pela mineralogia da rocha hospedeira que, na Mina da Cata Preta, constituem bolsões de rochas negras brechadas cuja matriz é composta por óxido de manganês impregnada por especularita, e não de formações ferríferas. O destaque para os altos valores de manganês é relevante devido à sua relação direta com a mineralização de ouro paladiado. Relação essa há muito reconhecida e utilizada como guia prospectivo.

Os sistemas de veios quartzosos, pertencentes à Formação Cercadinho, hospedeiros do minério aurífero orogênico, orientam-se na área de estudo segundo NE-SW e, quando encontram-se (sub) paralelos à foliação (mergulhando para SE) e possuem suas bordas assinaladas por turmalinitos finos, são comumente mineralizados, sendo utilizados como guia prospectivo. A composição mineralógica dos veios é diretamente dependente da sua rocha hospedeira e, quando a encaixante consiste de

Moura, S. L. G. 2019, Caracterização químico-mineralógica das rochas encaixantes das mineralizações...

quartzito essa composição torna-se mais simples, sendo formada por quartzo, goethita e turmalina. Comparados aos sistemas de veios da Mina de Passagem de Mariana, os veios quartzosos amostrados na Mina da Cata Preta, possuem um maior volume de quartzo, uma menor porcentagem de turmalina, não apresentam sulfetos e possuem hidróxido de ferro.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

- Alkmim F.F., Quade, H., Evangelista, M.T.R. 1988. Sobre a História da Deformação dos Metassedimentos do Supergrupo Minas e Grupo Itacolomi no Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais. Departamento de Geologia, Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, 45 p.
- Alkmim 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.
- Alkmim F.F. & Martins-Neto M.A. 2012. Proterozoic first-order sedimentary sequences of São Francisco Craton, eastern Brazil. *Marine and Petroleum Geology*, **33**:127-139.
- Almeida F.F.M. 1976. The upper Precambrian of South America. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, Boletim 7.
- Almeida F.F.M. 1977. O Cráton do São Francisco. *Revista Brasileira de Geociências*, **7**:349-364.
- Almeida F.F.M., Hasui Y., Brito Neves B.B., Fuck R.A. 1981. Brazilian structural provinces: an introduction. *Earth-Sciences Reviews*, **17**:1-29.
- Almeida F.F.M. & Hasui, Y. 1984. O Pré-Cambriano do Brasil. São Paulo, Edgard Blücher, 378p.
- Babinski M., Chemale F., Van Schmus W.R. 1995. The Pb/Pb age of the Minas Supergroup carbonate rocks, Quadrilátero Ferrífero, Brazil. *Precambrian Research*, **72**:235-245.
- Babinski M., Chemale Jr. F., Van Schmus W.R. 1991. Geocronologia Pb/Pb em rochas carbonáticas do Supergrupo Minas, Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais. In: Congresso Brasileiro de Geoquímica. São Paulo, Anais, v. 1, p. 628-631.
- Babinski M., Chemale Jr. F., Van Schmus W.R. 1993. A idade das formações ferríferas bandadas do Supergrupo Minas e sua correlação com aquelas da África do Sul e da Austrália. In: 2º Simposium Craton São Francisco. Sociedade Brasileira de Geologia, Salvador, Anais, p. 152-153.
- Baltazar O.F. & Pedreira A.J. 1996. *Mapa Geológico Integrado, escala 1:100.000*. Texto Explicativo Departamento Nacional de Produção Mineral/CPRM-Serviço Geológico do Brasil, Belo Horizonte, p. 43-48.
- Baltazar O.F. & Pedreira A.J. 1998. *Mapa Geológico Integrado, escala 1:100.000*. Texto Explicativo, 2º edição. Departamento Nacional de Produção Mineral/CPRM-Serviço Geológico do Brasil, Belo Horizonte, p. 43-47.
- Baltazar O.F. & Raposo F.O. 1993. *Programa de Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil, Folha Mariana (SF.23-X-B-1), escala 1:100000*, Estado de Minas Gerais. CPRM. 183 p.
- Baltazar O.F. & Silva S.L. 1996. *Mapa Geológico Integrado do Supergrupo Rio das Velhas, escala 1:100.000*. Belo Horizonte, Departamento Nacional de Produção Mineral/CPRM-Serviço Geológico do Brasil.
- Baltazar O.F. & Zucchetti M. 2000. Rio das Velhas greenstone belt structural evolution, Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil. In: 31º International Geological Congress. Rio de Janeiro.
- Baltazar O.F. & Zucchetti M. 2007. Lithofacies associations and structural evolution of the Archean Rio das Velhas greenstone belt, Quadrilátero Ferrífero, Brazil: A review of the setting of gold deposits. *Ore Geology Reviews*, **32**:471-499.
- Baltazar O.F., Rosière C.A., Corrêa Neto A.V., Silva J.N. 1995. Geologia estrutural do Grupo Maquiné, Supergrupo Rio das Velhas, na porção central do Quadrilátero Ferrífero (MG). In: 5º Simpósio Nacional de Estudos Tectônicos. Sociedade Brasileira de Geologia, Gramado, Boletim de Resumos Expandidos, p 11-13.
- Barbosa, A.L.M. 1968. Contribuições recentes à geologia do Quadrilátero Ferrífero. *Editora da Escola de Minas*, Ouro Preto.
- Battestin T.N. 2006. Itabiritos das Formações Cauê, Gandarela e Cercadinho, Supergrupo Minas. Região de Antônio Pereira, MG. Metalogênese e Propriedade Tecnológicas dos Minérios de Ferro. Monografia de Trabalho de Formatura. Instituto de Geociências, Universidade Federal de São Paulo, São Paulo.
- Battestin T.N., Rossi G., Schorscher J.H.D. 2007. Metassedimentos ferríferos das Formações Cauê, Gandarela e Cercadinho, Supergrupo Minas. Região de Antônio Pereira, sudeste do Quadrilátero Ferrífero, MG. In: Rossi 2010.

Moura, S. L. G. 2019, Caracterização químico-mineralógica das rochas encaixantes das mineralizações...

Bensusan A.J. 1929. Auriferous Jacutinga deposits. *Institute of Mining and Metallurgy*, **300**:451–483.

Cabral A.R. 1996. Mineralização de Ouro Paladiado em Itabirito: A Jacutinga de Gongo Soco, Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais. MS Dissertation, Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 115 p.

Cabral A.R. 2003. Palladian gold mineralization (ouro preto) in Brazil: Gongo Soco, Itabira and Serra Pelada. PhD thesis, Institute of Mineralogy and Mineral Resources, Technical University of Clausthal, 101p.

Cabral A.R. & Koglin N. 2014. Hydrothermal overprint on Cenozoic sediments in the Quadrilátero Ferrífero of Minas Gerais: implications for precious metals in cratonic terrains. *Terra Nova*, **26**:111-119.

Cabral A.R., Lehmann B., Tupinambá M., Schlosser S., Kwitko-Ribeiro R., de Abreu F.R. 2009. The platinumiferous Au-Pd belt of Minas Gerais, Brazil, and genesis of its botryoidal Pt-Pd-Hg aggregates. *Economic Geology*, **104**:1265–1276.

Cabral A.R., Zeh A., Galbiatti H.F., Lehmann B. 2015. Late Cambrian Au-Pd mineralization and Fe enrichment in the Itabira district, Minas Gerais, Brazil, at 496 Ma: Constrains from U-Pb monazite dating of a jacutinga lode. *Economic Geology*, **110**:263-272.

Cabral A.R., Zeh A., Koglin N., Gomes A.A.S., Viana D.J., Lehmann, B. 2012. Dating the Itabira iron formation, Quadrilátero Ferrífero of Minas Gerais, Brazil, at 2.65 Ga: depositional U-Pb age of zircon from a metavolcanic layer. *Precambrian Research*, **204**:40-45.

Canuto J.R. 2010. Estratigrafia de seqüências em bacias sedimentares de diferentes idades e estilos tectônicos. *Revista Brasileira de Geociências*, **40**:537-549.

Cassino L. F. 2014. Distribuição de idades U-Pb de zircões detríticos dos Supergrupos Rio das Velhas e Minas na Serra de Ouro Preto, Quadrilátero Ferrífero, MG e Implicações para a evolução sedimentar e tectônica Unpublished Master thesis, Departamento de Geologia, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 52 p.

Cavalcanti & Xavier. 2006. Origem dos turmalinitos auríferos da região sudeste do Quadrilátero Ferrífero – MG: geologia, petrografia, química mineral e isótopos de Nd. *Revista Brasileira de Geociências*, **36(4)**: 636-647.

Chauvet A., Faurre M., Dossin I., Charvet J. 1994. Three-stage structural evolution of the Quadrilátero Ferrífero: consequences for Neoproterozoic age and the formation of gold concentrations of the Ouro Preto area, Minas Gerais, Brazil. *Precambrian Research*, **68**:139-167.

Chauvet A., Piantone P., Barbanson L., Nehlig P., Pedroletti I. 2001. Gold deposit formation during collapse tectonics: structural, mineralogical, geochronological, and fluid inclusion constraints in the Ouro Preto gold mines, Quadrilátero Ferrífero, Brazil. *Economic Geology*, **96**:25-48.

Chemale Jr. F., Rosière C.A., Endo I. 1991. Evolução tectônica do Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais: um modelo. *Pesquisas*, **2**:104-127.

Chemale Jr. F., Rosière C.A., Endo I., 1994. The tectonic evolution of the Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil. *Precambrian Research*, **65**:25-54.

Derby O.A. 1901. On the manganese ore deposits of the Queluz District, Minas Gerais, Brazil. *American Journal Science*, **XII**:18-32.

DeWitt E., Thorman C. H., Ladeira E., Zartman R. E., Landis G. P., Wooden J. L. 2000. Origin and age of gold deposits at São Bento and Morro Velho, Brazil. In: 31<sup>o</sup> International Geological Congress. Rio de Janeiro, Brazil. CD-ROM.

Dorr J.V. 1969. Physiographic, stratigraphic and structural development of the Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil. United States Geological Survey. *Professional Paper*, **614**:1-110.

Dorr J.V., Gair J.E., Pomerene J.B., Rynearson G.A. 1957. Revisão da estratigrafia pré-cambriana do Quadrilátero Ferrífero, Brasil. In: Departamento Nacional de Produção Mineral, Divisão de Fomento da Produção Mineral, Avulso, v. 81, 31 p.

Dorr J.V.N. & Barbosa A.L.M. 1963. Geology and ore deposits of the Itabira District, Minas Gerais, Brazil. United States Geological Survey. *Professional Paper*, **341**:1-110.

- Drake A.A. & Morgan B.A., 1980. Precambrian Plate Tectonics in the Brazilian Shield; Evidence from the Pre-Minas Rocks of the Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais. United States Geological Survey. *Preofessional Paper*, **1119**:1-64.
- Dutra L.F., Martins M., Lana C. 2019. Sedimentary and U-PB detrital zircons provenance of the Paleoproterozoic Piracicaba and Sabará groups, Quadrilátero Ferrífero, Southern São Francisco craton, Brazil. *Brazilian Journal of Geology*, **49**:(2)
- Endo I. 1997. Regimes tectônicos do Arqueano e Proterozóico no interior da Placa Sanfranciscana: Quadrilátero Ferrífero e áreas adjacentes, Minas Gerais. Unpublished PhD thesis, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 330 p.
- Endo I. & Chemale Jr. F. 1992. Modelo de evolução cinemática do Sinclinal da Alegria e adjacências, Quadrilátero Ferrífero-MG. *Revista da Escola de Minas*, **45**:24-7.
- Endo I. & Fonseca M.A. 1992. Sistema de cisalhamento Fundão-Cambotas no Quadrilátero Ferrífero, MG: Geometria e cinemática. *Revista da Escola de Minas*, **45**:28-31.
- Eriksson K.A., Krapez B., Fralick P.W. 1994. Sedimentology of Archean greenstone belts: signatures of tectonic evolution. *Earth Sciences*, **37**:1-88.
- Eschwege W. L. 1833. Pluto Brasiliensis, Berlin, Verlag G. Reimer. 622p.
- Farina F., Albert C., Dopico C.M., Gil C.A., Moreira H., Hippert J.P., Cutts K., Alkmim F.F., Lana C. 2015. The Archean-Paleoproterozoic evolution of the Quadrilátero Ferrífero (Brasil): Current models and open questions. *Journal of South American Earth Sciences*, **2015**:1-18.
- Farina F., Albert C., Lana C. 2016. The Neoproterozoic transition between medium and high-K granitoids: clues from the Southern São Francisco Craton (Brazil). *Precambrian Research*, **266**:375-394.
- Ferreira Filho A. 1999. Análise estrutural de detalhe no Sistema Água Quente, Borda Leste do Quadrilátero Ferrífero, MG. Dissertação de Mestrado, Departamento de Geologia, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto.
- Fettes D. & Desmons J. 2007. Metamorphic rocks: a classification and glossary of terms. Cambridge University press, 244p.
- Gair J.E. 1958. The Sabará Formation. In: Symposium on Stratigraphy of Minas Series in the Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil. Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia. São Paulo, v. 7, p. 68-69.
- Gair J.E. 1962. Geology and ore deposit of the Nova Lima and Rio Acima quadrangles, Minas Gerais, Brazil. United States Geological Survey. *Professional Paper*, **341**:1-67.
- Galbiatti H.F. 1999. Natureza e controle estrutural da mineralização aurífera (jacutinga) na mina do Cauê, Itabira, MG. MS Dissertation, Departamento de Geologia, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 150 p.
- Galbiatti H.F., Fonseca M.A., Pereira M.C., Polônia, J.C. 2007. Structural control of Au-Pd mineralization (Jacutinga): An example from the Cauê mine, Quadrilátero Ferrífero, Brazil. *Ore Geology Reviews*, **32**:614-628.
- Gaboury D. 2019. Parameters for the formation of orogenic gold depositis. *Applied Earth Science*, **128**:124-133.
- Groves D.I., Goldfarb R.J., Gebre-Mariam M., Hagemann S.G., Robert F. 1998. Orogenic gold deposits: A proposed classification in the context of their crustal distribution and relationship to other gold deposit types. *Ore Geology Reviews*, **13**:7-27.
- Groves D.I., Goldfarb R.J., Knox-Robinson C.M., Ojala J., Gardoll S., Yun G., Holyland P. 2000. Late-kinematic timing of orogenic gold deposits and significance for computer-based exploration techniques with emphasis on the Yilgarn block, Western Australia. *Ore Geology Reviews*, **17**:1-38.
- Groves D.I., Goldfarb R.J., Robert F., Hart C.J.R. 2003. Gold deposits in metamorphic belts: overview of current understanding, outstanding problems, future research, and exploration significance. *Economic Geology*, **98**:1-29.
- Guimarães D. 1970. Arqueogênese do ouro na região central de Minas Gerais: Rio de Janeiro. In: Departamento Nacional da Produção Mineral, Divisão de Fomento da Produção Mineral, Boletim 139, 51 p.
- Harder E.C. & Chamberlin R.T. 1915. The geology of central Minas Gerais, Brazil. *Journal of Geology*, **23**:385-424.

Moura, S. L. G. 2019, Caracterização químico-mineralógica das rochas encaixantes das mineralizações...

Hartmann L.A., Endo I., Suita M.T.F., Santos J.O.S., Frantz J.C., Carneiro M.A., Naughton N.J., Barley M.E. 2006. Provenance and age delimitation of Quadrilátero Ferrífero sandstones based on zircon U-Pb isotopes. *Journal of South American Earth Sciences*, **20**:273-285.

Hartt C.F. 1870. *Geology and physical geography of Brazil*. Osgood & Co, Boston. 620 p.

Henwood W.J. 1871. On the gold mines of Minas Geraes, Brazil. *Transactions Royal Geological Society of Cornwall*, **8**:168-370.

Herz N. 1970. Gneissic and igneous rocks of the Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil. United States Geological Survey. *Professional Paper*, **641**:1-58.

Herz N. 1978. Metamorphic Rocks of the Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil. United States Geological Survey. *Professional Paper*. **641**:1-81.

Hussak E. 1906. O palladio e a platina no Brazil. *Anais da Escola de Minas de Ouro Preto*, **8**:77-189.

Jordt-Evangelista H., Alkmim F.F., Marshak S. 1992. Metamorfismo progressivo e a ocorrência dos três polimorfos Al<sub>2</sub>SiO<sub>5</sub> (cianita, andaluzita e sillimanita) na Formação Sabará em Ibirité, Quadrilátero Ferrífero, MG. *Revista da Escola de Minas*, **45**:157-160.

Kerswill J.A. 1993. Models for iron-formation-hosted gold deposits. Geological Association of Canada. *Special Paper*, **40**:171-199.

Koglin N., Zeh A., Cabral A. R., Gomes A. A. S., Neto A. V. C., Brunetto W. J., Galbiatti H. 2014. Depositional age and sediment source of the auriferous Moeda Formation, Quadrilátero Ferrífero of Minas Gerais, Brazil: new constraints from U-Pb-Hf isotopes in zircon and xenotime. *Precambrian Research*, **255**:96-108.

Ladeira E.A. 1980. Metalogenesis of gold at the Morro Velho mine, and in the Nova Lima District, Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil. PhD Thesis, Department of Geology, University of Western Ontario. London, Canada, 272 p.

Ladeira E. A. 1988. Excursão geológica de Belo Horizonte a Ouro Preto: Exame da estratigrafia e tectônica do cinturão de rochas verdes Rio das Velhas e do Supergrupo Minas como base para o entendimento das mineralizações auríferas, dos depósitos de minério de ferro, manganês e de bauxita do Quadrilátero Ferrífero. In: Congresso Brasileiro de Geologia, Roteiro das Excursões. Sociedade Brasileira de Geologia, Belém, p. 193-210.

Ladeira E. A. 1991. Genesis of gold in Quadrilátero Ferrífero: A remarkable case of permanency, recycling and inheritance - A tribute to Djalma Guimarães, Pierre Routhier and Hans Ramberg. In: Ladeira E. A. 1991, Brazil Gold '91. Balkema, Rotterdam, p. 11-30.

Ladeira E.A. & Viveiros J.F.M. 1984. Hipótese sobre a estruturação do Quadrilátero Ferrífero com base nos dados disponíveis. In: Sociedade Brasileira de Geologia, Belo Horizonte, Boletim Especial 4, p. 1-14.

Lana C., Alkmim F.F., Armstrong R., Scholz R., Romano R., Nalini H.A. 2013. The ancestry and magmatic evolution of Archaean TTG rocks of the Quadrilátero Ferrífero province, southeast Brazil. *Precambrian Research*, **231**:157-173.

Leão De Sá E. & Borges N. 1991. Gold mineralization in the Cauê and Conceição mines. Itabira, MG. In: Gold'91 Symposium, Field Guide Book, p. 75-86.

Lobato L.M., Ribeiro-Rodrigues L.C., Vieira F.W.R. 2001b. Brazil's premier gold province: Part II: geology and genesis of gold deposits in the Archean Rio das Velhas greenstone belt, Quadrilátero Ferrífero. *Mineralium Deposita*, **36**:249-277.

Lobato L.M., Ribeiro-Rodrigues L.C., Zucchetti M., Noce C.M., Baltazar O.F., Silva L.C., Pinto C.P. 2001a. Brazil's premier gold province: Part I. The tectonic, magmatic, and structural setting of the Archean Rio das Velhas greenstone belt, Quadrilátero Ferrífero. *Mineralium Deposita*, **36**:228-248.

Loczy L. & Ladeira E.A. 1976. Geologia estrutural e introdução a geotectônica. Edgar Blücher Ltda, São Paulo, Brazil.

Lüders V., Romer R.L., Cabral A.R., Schmidt C., Banks D.A., Schneider J. 2005. Genesis of itabirite-hosted Au-Pd-Pt-bearing hematite-(quartz) veins, Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil: Constraints from fluid

- inclusion infrared microthermometry, bulk crush-leach analysis and U-Pb systematics. *Mineralium Deposita*, **40**:289–306.
- Machado N. & Carneiro M.A., 1992. U-Pb evidence of Late Archean tectonothermal activity in southern São Francisco shield, Brazil. *Canadian Journal Earth Science*, **29**:2341-2346.
- Machado N., Noce C.M., Ladeira E.A., Belo de Oliveira, O. 1992. U-Pb geochronology of Archean magmatism and Proterozoic metamorphism in the Quadrilátero Ferrífero, southern São Francisco Craton, Brazil. *Geological Society American Bulletin*, **104**:1221–1227.
- Machado N., Schrank A., Noce C.M., Gauthier G. 1996. Ages of detrital zircon from Archean–Paleoproterozoic sequences: implications for greenstone belt setting and evolution of a Transamazonian foreland basin in Quadrilátero Ferrífero, southeast Brazil. *Earth and Planetary Science Letters*, **141**:259–276.
- Marshak S. & Alkmim F.F. 1989. Proterozoic contraction/extension tectonics of the southern São Francisco region, Minas Gerais, Brazil. *Tectonics*, **8**:555-571.
- Marshak S., Alkmim F.F., Jordt-Evangelista H. 1992. Proterozoic crustal extension and the generation of dome-and-keel structure in an Archean granite–greenstone terrane. *Nature*, **357**:491–493.
- Marshak S., Alkmim F.F., Jordt-Evangelista H., Brueckner H.K. 1993. Aspects of the Precambrian tectonic evolution of the southern São Francisco craton and its eastern margin, Brazil. *Geological Society American Abstract*, **25**:298.
- Marshak S., Tinkham D., Alkmim F.F., Brueckner H. 1997. Dome-and-keel provinces formed during Paleoproterozoic orogenic collapse - Diapir clusters or core complexes? Examples from the Quadrilátero Ferrífero (Brazil) and the Penokean Orogen (USA). *Geology*, **25**:415-418.
- Martínez-Dopico C. I., Lana C., Cassino L., Moreira, H. S. 2015. Further constraints on the depositional ages and sources of the Paleoproterozoic Minas Supergroup (Quadrilátero Ferrífero): tracking the Archean magmatic record in the southern São Francisco Craton. In: 8th Hutton Symposium on Granites and Related Rocks. Florianópolis, Brazil.
- Maxwell C.H. 1960. *Geologic map of the Santa Rita Durão Quadrangle, Minas Gerais, Brazil, 1:25.000*. United States Geological Survey. Professional Paper, 341-J.
- Maxwell C.H. 1972. Geology and ore deposits of the Alegria District, Minas Gerais, Brazil. United States Geological Survey. *Professional Paper*, **341**:1-72.
- McCuaig T.C. & Kerrich R. 1998. P-T-t-deformation-fluid characteristics of lode-gold deposits: Evidence from alteration systematics. *Ore Geology Reviews*, **12**:381-453
- Moraes M.A.S. 1985. Reconhecimento de fácies sedimentares em rochas metamórficas da região de Ouro Preto (MG). In: Sociedade Brasileira de Geologia. Simpósio de Geologia de Minas Gerais. Belo Horizonte, p. 84-93.
- Moreira H. & Lana C. 2015. The Hf features of the southern São Francisco Craton basement: a detrital zircon record view. In: 8th Hutton Symposium on Granites and Related Rocks. Florianópolis, Brazil.
- Nicholson P.M. 1980. The geology and economic significance of Golden Dyke Dome, Northern Territory. In: Ferguson, J. Goleby A. (Eds.), Uranium in the Pine Creek Geosyncline. IAEA Proceedings Series, Vienna, p. 319–334.
- Noce C.M., Machado N., Teixeira, W. 1998. U–Pb geochronology of gneisses and granitoids in the Quadrilátero Ferrífero (Southern São Francisco craton): age constraints for Archean and Paleoproterozoic magmatism and metamorphism. *Revista Brasileira de Geociências*, **28**:95–102.
- Noce C.M., Dantas E.L., Lobato L.M., Zucchetti M., Baltazar O.F. 2002. Múltiplos eventos de vulcanismo no Greenstone Belt Rio das Velhas, Quadrilátero Ferrífero (MG): Novos dados U–Pb, implicações geotectônicas e metalogenéticas. In: 41º Congresso Brasileiro de Geologia, Sociedade Brasileira de Geologia, João Pessoa, Anais, 522 p.
- 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.
- Oliveira E.P. 1932. Genesis of the deposits of auriferous Jacutinga. *Economic Geology*, **32**:744–749.

Moura, S. L. G. 2019, Caracterização químico-mineralógica das rochas encaixantes das mineralizações...

Oliveira G.A.E, Clemente P.L.C., Vial D.S. 1983. Excursão à Mina de Ouro de Morro Velho. *In: 2º Simpósio de Geologia de Minas Gerais, Sociedade Brasileira de Geologia, Belo Horizonte, Anais, Boletim 3, p. 497-505.*

Oliveira L.A.R. 2015. Mineralizações ferríferas (especularíticas) e depósitos do tipo jacutinga (Au-Pd-Pt), Quadrilátero Ferrífero e sul da Serra do Espinhaço (MG). MSc Dissertation, Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 266p.

Olivo G.R., Archibald D.A., Ullrich T.D. 2011. 40Ar/39Ar evidence for the Brasiliano (ca. 500 Ma) tectono-thermal event in the southern margin of the São Francisco craton: Implications for the remobilization and preservation of gold-PGE deposits hosted in the Minas Supergroup iron-formation. *In: 11º Biennial Meeting of the Society for Geology Applied to Mineral Deposits, Antofagasta, Chile, Proceedings Volume, p. 867–869.*

Olivo G.R. & Gammons C.H. 1996. Thermodynamic and textural evidence for at least two stages of Au-Pd mineralization at the Cauê iron mine, Itabira district, Brazil. *Canadian Mineralogist*, **34**:547–577.

Olivo G.R, Gauthier M., Williams-Jones A.E., Levesque M. 2001. The Au-Pd mineralization at the Conceição iron mine, Itabira district, southern São Francisco craton, Brazil: an example of a jacutinga-type deposit. *Economic Geology*, **96**:61–74

Olivo G.R. & Gauthier M. 1995. Palladium minerals from Cauê iron mine, Itabira district, Minas Gerais, Brazil. *Mineralogical Magazine*, **59**:455–463.

Olivo G.R., Gauthier M., Bardoux M. 1994. Palladian gold from the Cauê iron mine, Itabira district, Minas Gerais, Brazil. *Mineralogical Magazine*, **58**:579–587.

Olivo G.R., Gauthier M., Bardoux M., Leão De Sá E., Fonseca J.T.F., Carbonari F. 1995. Palladium-bearing gold deposit hosted by Proterozoic Lake Superior-type iron-formation at the Cauê Iron mine, Itabira District, Southern São Francisco Craton, Brazil: Geologic and Structural Control. *Economic Geology*, **90**:118–134.

O'Rourke J.E. 1957. The stratigraphy of metamorphic rocks of the Rio de Pedras and Gandarela quadrangles, Minas Gerais, Brazil. PhD Thesis, University of Wiscosin. Wiscosin, 106 p.

Pedreira A.J. & Silva S.L. 1996. Sistemas deposicionais do greenstone belt Rio das Velhas, Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais. *In: 39º Congresso Brasileiro de Geologia. Sociedade Brasileira de Geologia, Salvador, p. 138–140.*

Phillips G.N. & Powell R. 2009. Formation of gold deposits: review and evaluation of the continuum model. *Earth- Sciences Reviews*, **94**:1-21.

Phillips G.N. & Powell R. 2010. Formation of gold deposits: a metamorphic devolatilization model. *Journal of Metamorphic Geology*, **28**:689–718.

Pinto C.P & Silva. M.A. 2014. *Programa Geologia do Brasil, Mapa Geológico do Estado de Minas Gerais, escala 1:1.000.000.* Serviço Geológico do Brasil – CPRM/CODEMIG – Companhia de Desenvolvimento Econômico do Estado de Minas Gerais.

Pomerene J.B. 1958. The Cercadinho Formation. *Boletim Sociedade Brasileira de Geologia*, **7**:5-64.

Raposo F.O. 1996. *Projeto Rio das Velhas. Programa Estudos de Distritos Mineiros. Sinopse geológica da Folha Santa Rita Durão (SF.23-X-B-I-1-SO), escala 1:25.000.* Departamento Nacional de Pesquisa Mineral – CPRM. 120 p.

Renger F.S., Noce C.M., Romano A.W., Machado N. 1994. Evolução sedimentar do Supergrupo Minas: 500 Ma de registro geológico no Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brasil. *Geonomos*, **2**:1-11.

Renger F.E., Noce C.M., Romano A.W., Machado N. 1995. Evolução sedimentar do Supergrupo Minas: 500 Ma de registro geológico no Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brasil. *Geonomos*, **2**:1-11.

Renger F.E., Silva R.M.P., Suckau V.E. 1988. Ouro nos conglomerados da Formação Moeda, Sinclinal de Gandarela, Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais. *In: Congresso Brasileiro de Geologia, Sociedade Brasileira de Geologia v. 35, p. 44-57.*

Ribeiro-Rodrigues L.C., Friedrich G., Lobato L.M., Duchini J. Jr, Vieira F.W.V. 2000. Gold mineralization in the Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil. *In: Lobato et al. (2001b)*

- Romano R., Lana C., Alkmim F.F., Stevens G., 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.
- Rosière C.A. & Chemale Jr. F. 2000. Itabiritos e minérios de ferro de alto teor do Quadrilátero Ferrífero – uma visão geral e discussão. *Geonomos*, **8(2)**:27-43.
- Rosière C.A., Spier C.A., Rios F.J., Suckau V.E. 2008. The itabirites of the Quadrilátero Ferrífero and related high-grade iron ore deposits: an overview. *Economic Geology*, **15**:223-254.
- Rossi G. 2010. Quartzitos e metaconglomerados auríferos da sequência da Serra da Boa Vista, borda leste do Quadrilátero Ferrífero, MG, Brasil. MS Dissertation, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 312p.
- Sales M. 1998. The geological setting of the Lamego iron-formation hosted gold deposits, Quadrilátero Ferrífero district, Minas Gerais, Brazil. MSc Thesis, Queen's University, Ontario, Canada, 182 p.
- Schorscher H.D. 1978. Komatiíitos na estrutura “Greenstone Belt” Série Rio das Velhas, Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brasil. In: 30th Congresso Brasileiro de Geologia. Sociedade Brasileira de Geologia. Recife, p. 292-293.
- Schorscher H.D. 1979. Evolução geotectônica e petrogenética do embasamento Arqueano do Quadrilátero Ferrífero. In: Anais da Academia Brasileira de Ciências, v. 51, p. 767-768.
- Schorscher H.D. 1992. Arcabouço petrográfico e evolução crustal de terrenos pré-Cambrianos do sudeste de Minas Gerais: Quadrilátero Ferrífero, Espinhaço meridional e domínios granitognáissicos adjacentes. Tese de livre docência. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 281p.
- Schrank A. & Machado N. 1996. Idades U–Pb em monazitas e zircões das minas de Morro Velho e Passagem de Mariana–Quadrilátero Ferrífero (MG). In: 39º Congresso Brasileiro de Geologia. Sociedade Brasileira de Geologia. Salvador, p. 470–472.
- Selmi M., Lagoeiro L.E., Endo I. 2009. Geochemistry of hematite and itabirite, Quadrilátero Ferrífero, Brazil. *Revista da Escola de Minas*, **62(1)**:35-43.
- Sibson R.H., Robert F., Poulsen K.H. 1988. High-angle reverse faults, fluid-pressure cycling, and mesothermal gold-quartz deposits. *Geology*, **16**:551-555.
- Sichel, S.E. 1983. Geologia das rochas Pré-Cambrianas da região de Barão de Cocais e geoquímica preliminar dos komatiíitos do Supergrupo Rio das Velhas, Quadrilátero Ferrífero, MG. MSc. Thesis. Departamento de Geologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 232 p.
- Simmons G.C. 1968. Geology and Iron Deposits of the Western Serra Do Curral, Minas Gerais, Brazil. United States Geological Survey. *Professional Paper*, **57**:341-968.
- Souza P.C. & Müller G. 1984. Primeiras estruturas algais comprovadas na Formação Gandarela, Quadrilátero Ferrífero. *Revista da Escola de Minas*, **2**:161-198.
- Tomkins A.G. & Grundy C. 2009. Upper temperature limits of orogenic gold deposit formation: Constraints from the granulite-hosted Griffin’s Find Deposit, Yilgarn Craton. *Economic Geology*, **104**:669–685.
- Vearncombe J. & Zelic M. 2015. Structural paradigms for gold: do they help us find and mine? *Applied Earth Sciences*, **124**:2–19.
- Vial D.S. 1988. Mina de ouro de Cuiabá, Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais. In: Schobenhau-Filho, C. & Coelho, C.E.S. (Eds.), Metais Básicos não Ferrosos, ouro e Alumínio. Principais Depósitos Mineraiis do Brasil, vol. 3. Departamento Nacional Produção Mineral/Companhia Vale Rio Doce, Brasília, p. 413–419.
- Vial D.S., Duarte B.P., Fuzikawa K., Vieira M.B.H. 2007. An epigenetic origin for the Passagem de Mariana gold deposit, Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil. *Ore Geology Reviews*, **32**:596-613.
- Vieira F.W.R. & Oliveira G.I. 1988. Geologia do distrito aurífero de Nova Lima, Minas Gerais. In: Schobenhau-Filho C. & Coelho, C.E.S. (Eds.), Metais Básicos não Ferrosos, ouro e Alumínio. Principais Depósitos Mineraiis do Brasil, vol. 3. Departamento Nacional Produção Mineral/Companhia Vale Rio Doce, Brasília

Moura, S. L. G. 2019, Caracterização químico-mineralógica das rochas encaixantes das mineralizações...

Villaça J. N. 1981. Alguns aspectos sedimentares da Formação Moeda. *Sociedade Brasileira de Geologia*, **2**:92-137.

Wallace R.M. 1965. Geology and mineral resources of the Pico de Itabirito district Minas Gerais, Brazil. United States Geological Survey. *Professional Paper*, **68**:341-F.

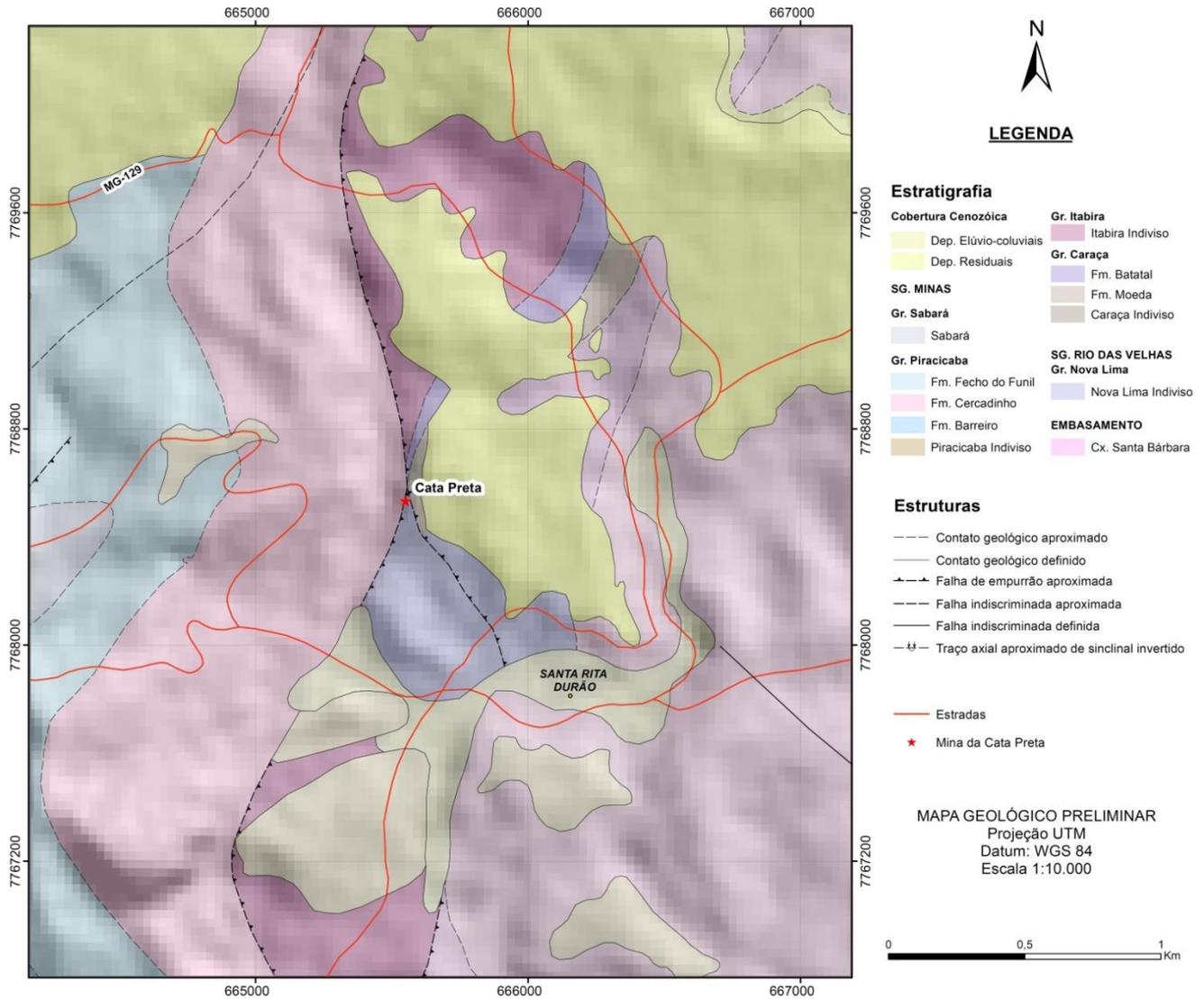
Zucchetti M., Baltazar O.F., Raposo F.O. 1996. *Mapa Geológico Integrado, escala 1:100.000*. Texto Explicativo. Departamento Nacional de Produção Mineral/CPRM–Serviço Geológico do Brasil, Belo Horizonte, p. 13-42.

Zucchetti M., Baltazar O. F., Raposo F. O. 1998. *Projeto Rio das Velhas*. Texto Explicativo do Mapa Geológico Integrado, Escala 1:100.000. DNPM/CPRM. Serviço Geológico do Brasil, 157 p.

Zucchetti M., Lobato L.M., Baltazar O.F., 2000. Volcanic and volcanoclastic features in Archean rocks and their tectonic environment, Rio das Velhas Greenstone Belt, Quadrilátero Ferrífero, MG. Brazil. *Revista Brasileira de Geociências*, **30**:388-392.

# Anexos

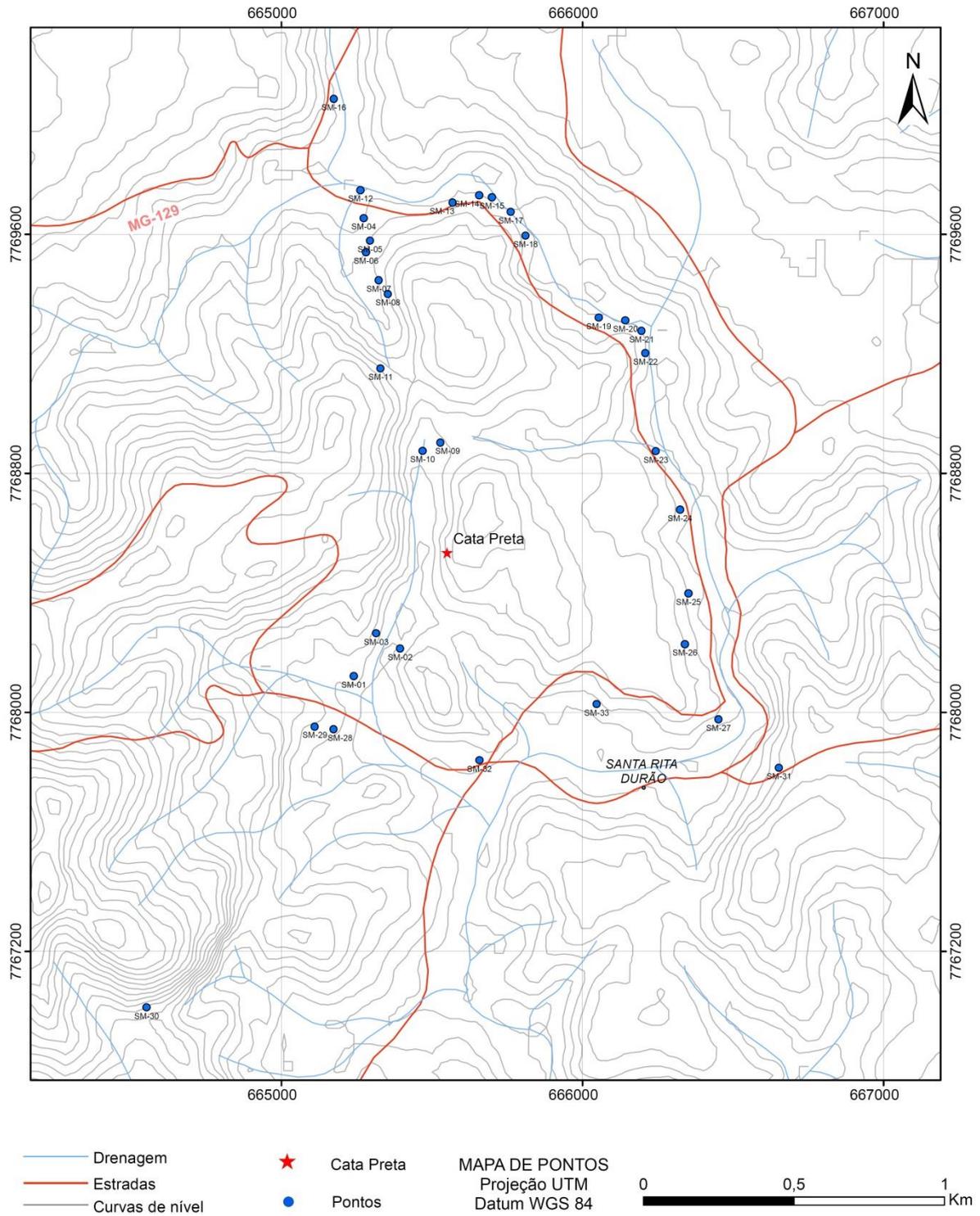
Anexo 1 – Mapa geológico preliminar da área de estudo. Retirado de Pinto & Silva (2014).





# Apêndices

Apêndice 1 – Mapa de pontos.



**Apêndice 2 – Tabela contendo as descrições macroscópicas dos afloramentos.**

Ponto	Datum	Zona	UTMx	UTMy	Cota	Data	Toponímia	Litologia	Supergrupo	Grupo	Formação	Descrição do afloramento
SM-01	UTM WGS84	23K	665240	7768121	851	23/10/2018	Mina Cata Preta	Quartzito ferruginoso/ Veio de quartzo	Minas	Piracicaba	Cercadinho	Antiga área de garimpo e prospecção de ouro, nos arredores da Mina de Cata Preta. Grandes exposições a céu aberto de rocha intemperizada, coloração cinza a arroxeadada, granulometria areia fina a média, rica em material ferruginoso, com bandamento marcado pela diferença granulométrica. Veios de quartzo branco a fumê com até 80 cm de espessura, cujas bordas são assinaladas por turmalinitos finos.
SM-02	UTM WGS84	23K	665394	7768213	848	23/10/2018	Mina Cata Preta	Saprolito	Minas	Itabira	Cauê	Antiga cava abandonada nas proximidades da Mina da Cata Preta. Rocha intensamente intemperizada, coloração negra, granulação muito fina a fina, sujando muito as mãos (provável presença de manganês), com lentes de quartzo boudinados. Localmente foliada.
SM-03	UTM WGS84	23K	665315	7768264	830	23/10/2018	Mina Cata Preta	Quartzito ferruginoso/ Veio de quartzo	Minas	Piracicaba	Cercadinho	Antiga embocadura de mina. Afloramento de rocha intemperizada, de coloração cinza a arroxeadada, granulação fina a média, composta por quartzo, mica e óxido de ferro. Presença de veios de quartzo branco, concordantes com o bandamento, possuindo cerca de 10 cm, exibindo turmalinização nas bordas.
SM-04	UTM WGS84	23K	665273	7769654	830	24/10/2018	Estrada para Santa Rita Durão	Filito	Minas	Itabira	Cauê	Extensa área de garimpo abandonada. Rocha muito intemperizada, granulação fina a muito fina (argilo-sílica), coloração negra (suja muito as mãos). Algumas porções tem coloração ocre a esbranquiçada, untuosa ao tato. Logo adiante o solo se torna mais arenoso e esbranquiçado. Pode se tratar em uma zona de contato entre o Itabira e o Piracicaba. Contudo, existem evidências nos arredores que indicam que o afloramento pode ser de um depósito coluvial.
SM-05	UTM WGS84	23K	665294	7769578	834	24/10/2018	Mina Cata Preta	Filito	Minas	Itabira	Cauê	Extenso pacote de filito argiloso negro, muito intemperizado.
SM-06	UTM WGS84	23K	665281	7769540	838	24/10/2018	Mina Cata Preta	Filito	Minas	Itabira	Cauê	Extenso pacote de filito argiloso negro, muito intemperizado.
SM-07	UTM WGS84	23K	665323	7769446	847	24/10/2018	Mina Cata Preta	Quartzito ferruginoso				Grande bloco rolado de quartzito ferruginoso. Presença de estratificações cruzadas. Contato geológico observado no solo: solo negro e argiloso dá lugar a um solo mais arenoso e cinzento.
SM-08	UTM WGS84	23K	665354	7769400	848	24/10/2018	Mina Cata Preta	Metachert ferruginoso	Minas	Itabira	Cauê	Metachert ferruginoso muito intemperizado, granulação fina a média, coloração avermelhada, sem estruturação proeminente.
SM-09	UTM WGS84	23K	665528	7768903	864	24/10/2018	Mina Cata Preta	Saprolito	Minas	Itabira	Cauê	Ponto de controle no meio da mata. Solo arenoso e ferruginoso.
SM-10	UTM WGS84	23K	665469	7768875	864	24/10/2018	Mina Cata Preta	Saprolito	Minas	Itabira	Cauê	Solo escuro, argiloso, associado ao filito negro. No ponto, tem-se furo de sondagem provavelmente relacionado à pesquisa de ouro.
SM-11	UTM WGS84	23K	665329	7769151	889	24/10/2018	Mina Cata Preta	Quartzito ferruginoso	Minas	Piracicaba	Cercadinho	Quartzito com acamamento preservado em algumas porções, cinza claro, granulometria areia fina a média, ferruginoso, muito intemperizado.
SM-12	UTM WGS84	23K	665262	7769748	829	24/10/2018	Estrada para Santa Rita Durão	Filito/ Mica xisto	Minas	Itabira	Cauê	Rocha escura, argilosa, muito intemperizada, suja muito as mãos, com níveis subordinados de mica-xisto intercalados. Grandes blocos de canga rolados.
SM-13	UTM WGS84	23K	665569	7769706	836	24/10/2018	Estrada para Santa Rita Durão	Metachert ferruginoso	Minas	Itabira	Cauê	Afloramento em corte de estrada, composto por metachert ferruginoso, de coloração cinza escura, recoberto por uma espessa capa de canga.
SM-14	UTM WGS84	23K	665657	7769731	836	24/10/2018	Estrada para Santa Rita Durão	Filito/Quartzito-mica xisto	Minas	Itabira	Cauê	Filito escuro, com possível intercalações de rochas intrusivas de cor ocre e micáceas, concordantes com a foliação.
SM-15	UTM WGS84	23K	665699	7769724	833	24/10/2018	Estrada para Santa Rita Durão	Saprolito	Minas	Itabira	Cauê	Zona de contato entre solo argiloso negro e solo avermelhado e arenoso.
SM-16	UTM WGS84	23K	665174	7770053	818	25/10/2018	Estrada para Santa Rita Durão	Quartzito/Filito	Minas	Piracicaba	Cercadinho	Afloramento em corte de estrada. Rocha de coloração cinza, intemperizada, granulometria areia média, composta por quartzo e mica. Algumas porções parecem exibir estratos cruzados, contudo a intensa intemperização impede a certeza. Intercalado ao quartzito ocorre uma rocha argilosa de coloração prateada, com magnetitas euédricas que, quando intemperizada adquire coloração amarelada. Presença de blocos rolados de quartzitos ferruginosos, muito ricos em magnetita, contudo a rocha <i>in situ</i> não foi identificada.

**Apêndice 2 – Tabela contendo as descrições macroscópicas dos afloramentos (*continuação*).**

SM-17	UTM WGS84	23K	665762	7769675	814	25/10/2018	Estrada para Santa Rita Durão	Metachert ferruginoso	Minas	Itabira	Cauê	Afloramento em beira de estrada, com metachert ferruginoso muito intemperizado, de coloração avermelhada, granulação fina, composto por quartzo e hematita subordinada, muito fraturado. Veios de quartzo branco centimétricos. Ocorrem finas películas escuras associadas aos planos de fratura (manganês?)
SM-18	UTM WGS84	23K	665811	7769595	816	25/10/2018	Estrada para Santa Rita Durão	Filito	Minas	Itabira	Cauê	Afloramento em beira de estrada exibindo rocha de coloração escura, composta por quartzo (por vezes amarelo), hematita e especularita. A granulação varia de muito fina (aspecto filítico) a média. Cortada por veios de quartzo.
SM-19	UTM WGS84	23K	666054	7769321	821	25/10/2018	Estrada para Santa Rita Durão	Colúvio				Ponto de controle na estrada pra Santa Rita Durão, colúvio de solo avermelhado.
SM-20	UTM WGS84	23K	666142	7769312	820	25/10/2018	Estrada para Santa Rita Durão	Filito	Minas	Caraça	Batalal	Afloramento em beira de estrada, exibindo rocha muito intemperizada, friável, cuja coloração varia de amarelo pálido à mostarda, composta majoritariamente por quartzo com pouca mica, de granulação muito fina. Rocha fraturada, cortada por veios de quartzo, apresentando-se bandada.
SM-21	UTM WGS84	23K	666196	7769277	822	25/10/2018	Estrada para Santa Rita Durão	Metaconglomerado	Minas	Caraça	Moeda	Afloramento em beira de estrada, evidenciando contato transicional entre o filito intemperizado e metaconglomerado. O metaconglomerado apresenta matriz de coloração arroxeadada, composta por quartzo, com mica subordinada, cuja granulometria varia de areia fina a média. Os seixos de quartzo variam de 1 a 15cm e encontram-se estirados.
SM-22	UTM WGS84	23K	666209	7769202	822	25/10/2018	Estrada para Santa Rita Durão	Filito	Complexo Santa Bárbara			Afloramento de rocha muito intemperizada, de coloração acinzentada, granulação muito fina argilo-siltica.
SM-23	UTM WGS84	23K	666244	7768874	812	25/10/2018	Estrada para Santa Rita Durão	Filito	Complexo Santa Bárbara			Afloramento de rocha argilosa, untuosa, muito intemperizada, de coloração amarelo acinzentada, sem estruturas proeminentes.
SM-24	UTM WGS84	23K	666324	7768678	815	25/10/2018	Estrada para Santa Rita Durão	Filito	Complexo Santa Bárbara			Afloramento de rocha filítica, muito intemperizada de coloração amarelo acinzentada.
SM-25	UTM WGS84	23K	666352	7768398	821	25/10/2018	Estrada para Santa Rita Durão	Filito	Complexo Santa Bárbara			Afloramento de rocha filítica, muito intemperizada de coloração lilás.
SM-26	UTM WGS84	23K	666340	7768228	821	25/10/2018	Estrada para Santa Rita Durão	Filito	Complexo Santa Bárbara			Afloramento em beira de estrada apresentando rocha intemperizada, de coloração lilás, composta por quartzo, mica e um mineral de coloração preta (pouca quantidade), sem estruturação proeminente. Presença de material rolado, retrabalhado.
SM-27	UTM WGS84	23K	666452	7767976	829	25/10/2018	Estrada para Santa Rita Durão	Filito	Complexo Santa Bárbara			Afloramento em beira de estrada apresentando rocha intemperizada, de coloração arroxeadada, composta por quartzo, mica, possivelmente feldspato alterado e um mineral de coloração preta (pouca quantidade), foliada, cortada por venulações de quartzo centimétricas.
SM-28	UTM WGS84	23K	665173	7767943	829	25/10/2018	Mina Cata Preta		Minas	Piracicaba	Cercadinho	Antiga boca de mina em metarenito ferruginoso. Inacessível.
SM-29	UTM WGS84	23K	665111	7767952	846	25/10/2018	Mina Cata Preta		Minas	Piracicaba	Cercadinho	Antiga boca de mina em metarenito ferruginoso, próximo à construção abandonada.
SM-30	UTM WGS84	23K	664552	7767012	856	25/10/2018	Mina Cata Preta		Minas	Piracicaba	Cercadinho	Antiga boca de mina. Inacessível.
SM-31	UTM WGS84	23K	666653	7767814	857	26/10/2018	Estrada entre Santa Rita Durão e Catas Altas	Gnaiss	Complexo Santa Bárbara			Afloramento em corte de estrada exibindo gnaiss muito intemperizado, de coloração rosa, granulação fina a média e cristais bastante estirados (zona de empurrão). O feldspato se altera e forma manchas brancas na rocha.
SM-32	UTM WGS84	23K	665658	7767839	830	26/10/2018	Estrada entre Santa Rita Durão e Catas Altas	Sericita xisto	Rio das Velhas	Nova Lima Indiviso		Sericita xisto muito intemperizado, coloração cinza a vermelho-arroxeadado, sedoso ao toque, cortado por veios espessos de quartzo leitoso. Rocha muito foliada e levemente dobrada nas bordas dos veios.
SM-33	UTM WGS84	23K	666047	7768027	829	26/10/2018	Estrada entre Santa Rita Durão e Catas Altas	Clorita xisto/ Talco-clorita xisto	Rio das Velhas	Nova Lima Indiviso		Intercalação de clorita xisto (cor vermelho-arroxeadado) com talco-clorita xistos (amarelo ocre), granulometria argila, com níveis centimétricos subordinados de formação ferrífera. As rochas são interpretadas como xisto máficos e ultramáficos.

**Apêndice 3** – Tabela contendo as medidas estruturais efetuadas em campo.

Ponto	Datum	Zona	UTMx	UTMy	Cota	Descrição	Estrutura	Dip Dir	Dip	Observação
SM-01	UTM WGS84	23K	665240	7768121	851	Foliação	Sn	140	60	
SM-01	UTM WGS84	23K	665240	7768121	851	Foliação	Sn	150	75	
SM-01	UTM WGS84	23K	665240	7768121	851	Foliação	Sn	100	65	
SM-01	UTM WGS84	23K	665240	7768121	851	Foliação	Sn	125	70	
SM-01	UTM WGS84	23K	665240	7768121	851	Foliação	Sn	161	58	
SM-01	UTM WGS84	23K	665240	7768121	851	Acamamento	S0t	100	50	Assinalado por variação granulométrica
SM-01	UTM WGS84	23K	665240	7768121	851	Acamamento	S0t	152	54	Assinalado por variação granulométrica
SM-01	UTM WGS84	23K	665240	7768121	851	Acamamento	S0t	105	55	Assinalado por variação granulométrica
SM-01	UTM WGS84	23K	665240	7768121	851	Acamamento	S0t	115	65	Assinalado por variação granulométrica
SM-01	UTM WGS84	23K	665240	7768121	851	Acamamento	S0t	135	65	Assinalado por variação granulométrica
SM-01	UTM WGS84	23K	665240	7768121	851	Acamamento	S0t	140	46	Assinalado por variação granulométrica
SM-01	UTM WGS84	23K	665240	7768121	851	Veio	V	118	59	Veio fumê, com turmalina (marcas de amostragem)
SM-01	UTM WGS84	23K	665240	7768121	851	Veio	V	110	39	Veio fumê, com turmalina (marcas de amostragem)
SM-01	UTM WGS84	23K	665240	7768121	851	Veio	V	115	41	Veio fumê, com turmalina (marcas de amostragem)
SM-01	UTM WGS84	23K	665240	7768121	851	Veio	V	115	45	
SM-01	UTM WGS84	23K	665240	7768121	851	Veio	V	90	50	
SM-01	UTM WGS84	23K	665240	7768121	851	Veio	V	110	50	
SM-01	UTM WGS84	23K	665240	7768121	851	Foliação	Sn+1	50	70	
SM-01	UTM WGS84	23K	665240	7768121	851	Foliação	Sn+1	75	55	
SM-01	UTM WGS84	23K	665240	7768121	851	Foliação	Sn+1	55	75	
SM-01	UTM WGS84	23K	665240	7768121	851	Foliação	Sn+1	85	57	
SM-01	UTM WGS84	23K	665240	7768121	851	Foliação	Sn+1	85	40	
SM-01	UTM WGS84	23K	665240	7768121	851	Foliação	Sn	95	73	
SM-01	UTM WGS84	23K	665240	7768121	851	Fratura	Fr	15	75	
SM-01	UTM WGS84	23K	665240	7768121	851	Fratura	Fr	30	54	
SM-01	UTM WGS84	23K	665240	7768121	851	Fratura	Fr	230	42	
SM-01	UTM WGS84	23K	665240	7768121	851	Fratura	Fr	10	76	
SM-01	UTM WGS84	23K	665240	7768121	851	Fratura	Fr	351	60	
SM-02	UTM WGS84	23K	665394	7768213	848	Foliação	Sn+1	55	50	
SM-02	UTM WGS84	23K	665394	7768213	848	Foliação	Sn+1	240	70	

**Apêndice 3** – Tabela contendo as medidas estruturais efetuadas em campo (*continuação*).

Ponto	Datum	Zona	UTMx	UTMy	Cota	Descrição	Estrutura	Dip Dir	Dip	Observação
SM-03	UTM WGS84	23K	665315	7768264	830	Acamamento	S0t	145	50	
SM-03	UTM WGS84	23K	665315	7768264	830	Acamamento	S0t	145	55	
SM-03	UTM WGS84	23K	665315	7768264	830	Acamamento	S0t	145	50	
SM-03	UTM WGS84	23K	665315	7768264	830	Acamamento	S0t	140	57	
SM-03	UTM WGS84	23K	665315	7768264	830	Veio	V	305	39	Veio branco com turmanilização pouco expressiva
SM-03	UTM WGS84	23K	665315	7768264	830	Veio	V	310	28	Veio branco com turmanilização pouco expressiva
SM-03	UTM WGS84	23K	665315	7768264	830	Veio	V	270	44	Veio branco de pequeno porte
SM-03	UTM WGS84	23K	665315	7768264	830	Fratuza	Fr	355	81	
SM-04	UTM WGS84	23K	665273	7769654	830	Foliação	Sn+1	5	75	
SM-04	UTM WGS84	23K	665273	7769654	830	Foliação	Sn+1	359	40	
SM-05	UTM WGS84	23K	665294	7769578	834	Fratuza	Fr	330	63	
SM-05	UTM WGS84	23K	665294	7769578	834	Fratuza	Fr	260	59	
SM-05	UTM WGS84	23K	665294	7769578	834	Fratuza	Fr	265	76	
SM-06	UTM WGS84	23K	665281	7769540	838	Foliação	Sn+1	75	70	
SM-06	UTM WGS84	23K	665281	7769540	838	Foliação	Sn+1	60	43	
SM-06	UTM WGS84	23K	665281	7769540	838	Lineação de interseção	Li	135	15	
SM-06	UTM WGS84	23K	665281	7769540	838	Foliação	Sn	100	56	
SM-06	UTM WGS84	23K	665281	7769540	838	Foliação	Sn	100	60	
SM-06	UTM WGS84	23K	665281	7769540	838	Fratuza	Fr	150	75	
SM-06	UTM WGS84	23K	665281	7769540	838	Fratuza	Fr	245	68	
SM-06	UTM WGS84	23K	665281	7769540	838	Fratuza	Fr	310	89	
SM-06	UTM WGS84	23K	665281	7769540	838	Lineação de crenulação	Lc	90	50	
SM-08	UTM WGS84	23K	665354	7769400	848	Foliação	Sn+1	259	18	
SM-08	UTM WGS84	23K	665354	7769400	848	Foliação	Sn+1	250	24	
SM-08	UTM WGS84	23K	665354	7769400	848	Fratuza	Fr	206	72	
SM-10	UTM WGS84	23K	665469	7768875	864	Fratuza	Fr	168	72	
SM-10	UTM WGS84	23K	665469	7768875	864	Fratuza	Fr	353	52	
SM-10	UTM WGS84	23K	665469	7768875	864	Fratuza	Fr	348	19	
SM-10	UTM WGS84	23K	665469	7768875	864	Fratuza	Fr	235	38	
SM-10	UTM WGS84	23K	665469	7768875	864	Foliação	Sn+1	40	40	

**Apêndice 3** – Tabela contendo as medidas estruturais efetuadas em campo (*continuação*).

Ponto	Datum	Zona	UTMx	UTMy	Cota	Descrição	Estrutura	Dip Dir	Dip	Observação
SM-10	UTM WGS84	23K	665469	7768875	864	Lineação de crenulação	Lc	348	19	
SM-11	UTM WGS84	23K	665329	7769151	889	Foliação	Sn+1	5	45	
SM-11	UTM WGS84	23K	665329	7769151	889	Foliação	Sn+1	30	56	
SM-11	UTM WGS84	23K	665329	7769151	889	Fraturo	Fr	195	79	
SM-12	UTM WGS84	23K	665262	7769748	829	Acamamento	S0t	120	36	
SM-13	UTM WGS84	23K	665569	7769706	836	Acamamento	S0t	135	42	Assinalado por variação composicional
SM-13	UTM WGS84	23K	665569	7769706	836	Fraturo	Fr	260	88	
SM-13	UTM WGS84	23K	665569	7769706	836	Fraturo	Fr	290	86	
SM-13	UTM WGS84	23K	665569	7769706	836	Fraturo	Fr	5	40	
SM-14	UTM WGS84	23K	665657	7769731	836	Acamamento	S0t	125	65	
SM-15	UTM WGS84	23K	665699	7769724	833	Acamamento	S0t	95	72	
SM-16	UTM WGS84	23K	665174	7770053	818	Acamamento	S0t	115	30	
SM-16	UTM WGS84	23K	665174	7770053	818	Acamamento	S0t	90	18	
SM-16	UTM WGS84	23K	665174	7770053	818	Acamamento	S0t	125	24	
SM-16	UTM WGS84	23K	665174	7770053	818	Fraturo	Fr	183	86	
SM-16	UTM WGS84	23K	665174	7770053	818	Fraturo	Fr	98	69	
SM-17	UTM WGS84	23K	665762	7769675	814	Fraturo	Fr	97	78	
SM-17	UTM WGS84	23K	665762	7769675	814	Fraturo	Fr	135	65	
SM-17	UTM WGS84	23K	665762	7769675	814	Fraturo	Fr	64	33	
SM-17	UTM WGS84	23K	665762	7769675	814	Fraturo	Fr	35	27	
SM-17	UTM WGS84	23K	665762	7769675	814	Fraturo	Fr	70	80	
SM-17	UTM WGS84	23K	665762	7769675	814	Fraturo	Fr	356	76	
SM-18	UTM WGS84	23K	665811	7769595	816	Acamamento	S0t	101	20	
SM-18	UTM WGS84	23K	665811	7769595	816	Veio	V	15	39	
SM-20	UTM WGS84	23K	666142	7769312	820	Acamamento	S0t	133	65	Assinalado por variação granulométrica e composicional.
SM-20	UTM WGS84	23K	666142	7769312	820	Acamamento	S0t	105	48	
SM-20	UTM WGS84	23K	666142	7769312	820	Fraturo	Fr	356	39	
SM-20	UTM WGS84	23K	666142	7769312	820	Veio	V	158	36	
SM-21	UTM WGS84	23K	666196	7769277	822	Acamamento	S0t	120	58	
SM-22	UTM WGS84	23K	666209	7769202	822	Foliação	Sn	293	31	

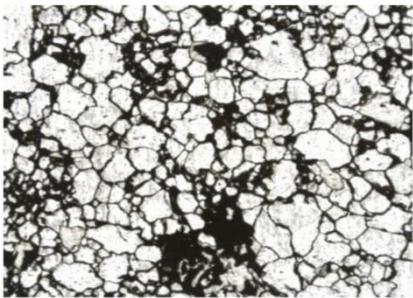
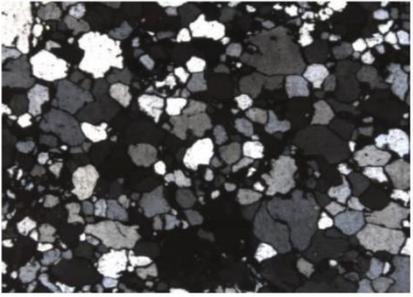
**Apêndice 3** – Tabela contendo as medidas estruturais efetuadas em campo (*continuação*).

Ponto	Datum	Zona	UTMx	UTMy	Cota	Descrição	Estrutura	Dip Dir	Dip	Observação
SM-27	UTM WGS84	23K	666452	7767976	829	Foliação	Sn+1	15	41	
SM-31	UTM WGS84	23K	666653	7767814	857	Foliação	Sn+1	250	75	
SM-32	UTM WGS84	23K	665658	7767839	830	Foliação	Sn	330	35	
SM-32	UTM WGS84	23K	665658	7767839	830	Foliação	Sn	290	45	
SM-33	UTM WGS84	23K	666047	7768027	829	Foliação	Sn+1	130	40	
SM-33	UTM WGS84	23K	666047	7768027	829	Lineação de interseção	Li	150	35	
SM-33	UTM WGS84	23K	666047	7768027	829	Foliação	Sn+1	230	70	
SM-33	UTM WGS84	23K	666047	7768027	829	Fratura	Fr	320	85	
SM-33	UTM WGS84	23K	666047	7768027	829	Fratura	Fr	305	70	
SM-33	UTM WGS84	23K	666047	7768027	829	Acamamento	S0t	155	50	
SM-33	UTM WGS84	23K	666047	7768027	829	Foliação	Sn+1	230	60	

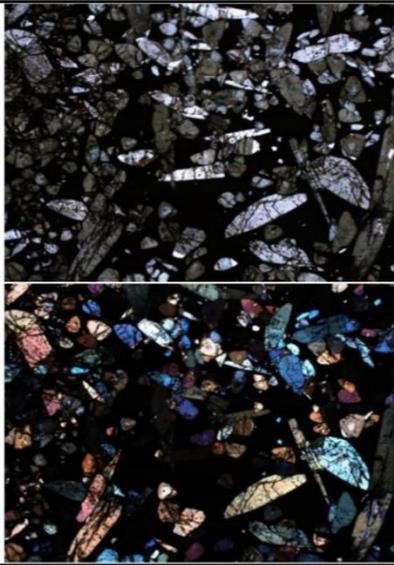
**Apêndice 4** – Tabela contendo informações sobre as amostras coletadas e suas respectivas análises.

Ponto	Datum	Zona	UTMx	UTMy	Cota	Descrição Macroscópica	Lâmina	Química	MEV
SM-01	UTM WGS84	23K	665240	7768121	851	Antiga área de garimpo e prospecção de ouro, nos arredores da Mina de Cata Preta. Grandes exposições a céu aberto de rocha intemperizada, coloração cinza a arroxeadada, granulação areia fina a média, rica em material ferruginoso. Veios de quartzo branco a fumê com até 80 cm de espessura. As bordas dos veios são assinaladas por turmalinitos finos.	SM-01A		SM-01A
SM-01	UTM WGS84	23K	665240	7768121	851	Antiga área de garimpo e prospecção de ouro, nos arredores da Mina de Cata Preta. Grandes exposições a céu aberto de rocha intemperizada, coloração cinza a arroxeadada, granulação areia fina a média, rica em material ferruginoso. Veios de quartzo branco a fumê com até 80 cm de espessura. As bordas dos veios são assinaladas por turmalinitos finos.	SM-01B		SM-01B
SM-01	UTM WGS84	23K	665240	7768121	851	Antiga área de garimpo e prospecção de ouro, nos arredores da Mina de Cata Preta. Grandes exposições a céu aberto de rocha intemperizada, coloração cinza a arroxeadada, granulação areia fina a média, rica em material ferruginoso. Veios de quartzo branco a fumê com até 80 cm de espessura. As bordas dos veios são assinaladas por turmalinitos finos.	SM-01C		
SM-02	UTM WGS84	23K	665394	7768213	848	Antiga cava abandonada nas proximidades da Mina da Cata Preta. Rocha intensamente intemperizada, coloração negra, granulação muito fina a fina, sujando muito as mãos (provável presença de manganês), presença de lentes de quartzo boudinados. Localmente foliada.		SM-02	
SM-03	UTM WGS84	23K	665315	7768264	830	Antiga embocadura de mina. Afloramento de rocha intemperizada, de coloração cinza a arroxeadada, granulação fina a média, composta por quartzo, mica e óxido de ferro. Veios de quartzo branco com cerca de 10cm exibindo turmalinização.	SM-03		SM-03
SM-05	UTM WGS84	23K	665294	7769578	834	Extenso pacote de filito argiloso negro, muito intemperizado.		SM-05	
SM-18	UTM WGS84	23K	665811	7769595	816	Afloramento em beira de estrada exibindo rocha de coloração escura, composta por quartzo (por vezes amarelo), hematita e especularita. A granulação varia de muito fina (aspecto filítico) a média. Cortada por veios de quartzo.		SM-18	

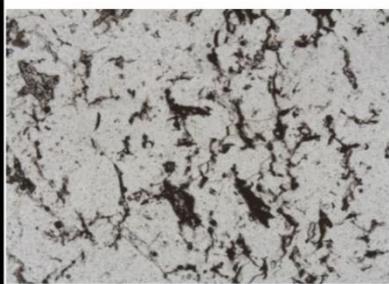
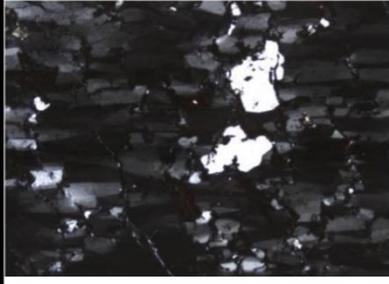
**Apêndice 5 – Fichas petrográficas das lâminas descritas.**

 <b>FICHA DE DESCRIÇÃO PETROGRÁFICA -TCC</b>	
<b>Caracterização químico-mineralógica das rochas encaixantes das mineralizações auríferas da Mina Cata Preta no distrito Santa Rita Durão, Mariana, MG.</b>	
Orientador: Edison Tazava	
<b>Lâmina: SM-01A</b>	
<b>Descrição: Suzan Lira Goulart de Moura</b>	
<b>Descrição Macroscópica da Lâmina</b>	
Rocha intemperizada, de coloração cinza a arroxeadada, granulação areia fina a média, rica em material ferruginoso. Veios de quartzo branco a fumê com até 80 cm de espessura. As bordas dos veios são assinaladas por turmalinitos finos.	
<b>Descrição Microscópica</b>	
<b><u>Minerais Identificados (ordem decrescente de abundância)</u></b>	
<b>Minerais Essenciais:</b>	Quartzo (82%); Hidróxido de ferro (12%).
<b>Minerais Acessórios:</b>	Sericita (2%); Clorita (1%); Zircão (<1%); Pirrotita (<1%); Xenotima (<1%).
<b>Processos de Alteração:</b>	
<b>Descrição Microscópica da Lâmina</b>	<b>Fotomicrografias</b>
Rocha cuja granulação varia de fina a média composta, essencialmente, por quartzo e opacos, apresentando textura granoblástica. Os cristais de quartzo constituem a principal fase mineral da lâmina, sua granulação varia de fina a média, medindo entre 0,05 e 1,2 mm, são subangulosos a subarredondados, possuem relevo baixo, baixa birrefringência, contatos retos, extinção ondulante e sinal uniaxial positivo. A mineralogia opaca é constituída, predominantemente, por hidróxido de ferro, com pirrotita e xenotima subordinada., que concentram-se nos espaços intergranulares dos agregados quartzosos. Devido às expressivas reflexões internas laranjadas, ao hábito botroidal e à presença de agregados radiais, crê-se que o hidróxido de ferro seja goethita. Sericita e clorita, de granulação muito fina, ocorrem disseminadas. Zircão constitui a mineralogia acessória. Presença de filmes de percolação de óxido de ferro.	 
Polarização: a) nicóis paralelos e b) nicóis cruzados	
<b>Nome da Rocha:</b>	Quartzito ferruginoso.

Apêndice 5 – Fichas petrográficas das lâminas descritas (continuação).

FICHA DE DESCRIÇÃO PETROGRÁFICA -TCC	
	<p>Caracterização químico-mineralógica das rochas encaixantes das mineralizações auríferas da Mina Cata Preta no distrito Santa Rita Durão, Mariana, MG.</p> <p>Orientador: Edison Tazava</p>
<p>Lâmina: SM-01B</p> <p>Descrição: Suzan Lira Goulart de Moura</p>	
Descrição Macroscópica da Lâmina	
<p>Rocha intemperizada, de coloração cinza a arroxeadada, granulação areia fina a média, rica em material ferruginoso. Veios de quartzo branco a fumê com até 80 cm de espessura. As bordas dos veios são assinaladas por turmalinitos finos.</p>	
Descrição Microscópica	
<b>Minerais Identificados (ordem decrescente de abundância)</b>	
<b>Minerais Essenciais:</b>	Turmalina (70%); Hidróxido de ferro (15%); Quartzo (8%).
<b>Minerais Acessórios:</b>	Clorita (<1%); Sericita (<1%); Carbonato (<1%); Zircão (<1%); Pirrotita (<1%); Monazita (<1%); Xenotima (<1%).
<b>Processos de Alteração:</b>	Intensa turmalinização.
Descrição Microscópica da Lâmina	Fotomicrografias
<p>Rocha com granulação variando de fina a grossa, cujas principais fases minerais são turmalina, opacos e quartzo, possuindo textura granoblástica. Os cristais de turmalina são euédricos a subédricos, com granulação variando de fina a grossa, medindo de 0,5 a 5mm, de coloração castanha a esverdeada, apresentando seções basais triangulares zonadas (esverdeadas no centro e acastanhadas na borda), pleocroísmo inverso e sinal uniaxial negativo, ocorrendo de forma disseminada, sem orientação preferencial, encontrando-se intensamente fraturada. A mineralogia opaca é constituída, predominantemente, por hidróxido de ferro, com pirrotita, monazita e xenotima subordinadas, que ocorrem preenchendo os espaços intergranulares e as fraturas dos agregados de turmalina. O hidróxido de ferro trata-se, possivelmente, de goethita, devido às expressivas reflexões internas laranjadas, ao hábito botroidal e à presença de agregados radiais. Os cristais de quartzo são granulares anédricos, incolores, com granulação variando de fina a média (medindo de 0,25 a 1,8mm), relevo baixo, baixa birrefringência, contatos retos, extinção ondulante e subgrãos, possuindo ocorrência restrita na lâmina. Sericita e clorita ocorrem nos espaços intergranulares dos agregados quartzosos. Zircão constitui a mineralogia acessória.</p>	
<p>Polarização: a) nicóis paralelos e b) nicóis cruzados</p>	
<b>Nome da Rocha:</b>	Turmalinito

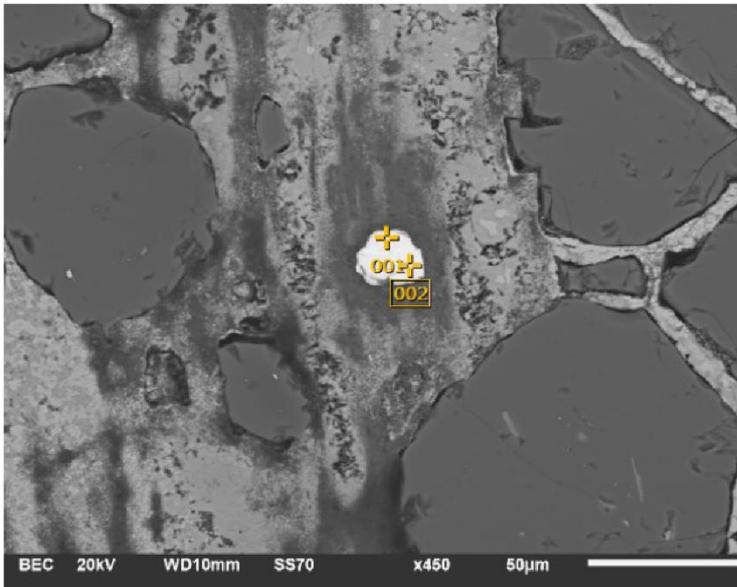
Apêndice 5 – Fichas petrográficas das lâminas descritas (continuação).

 <b>FICHA DE DESCRIÇÃO PETROGRÁFICA -TCC</b> Caracterização químico-mineralógica das rochas encaixantes das mineralizações auríferas da Mina Cata Preta no distrito Santa Rita Durão, Mariana, MG. Orientador: Edison Tazava	
Lâmina: SM-01C Descrição: Suzan Lira Goulart de Moura	
<b>Descrição Macroscópica da Lâmina</b>	
Rocha intemperizada, de coloração cinza a arroxeadada, granulação areia fina a média, rica em material ferruginoso. Veios de quartzo branco a fumê com até 80 cm de espessura. As bordas dos veios são assinaladas por turmalinitos finos.	
<b>Descrição Microscópica</b>	
<b><u>Minerais Identificados (ordem decrescente de abundância)</u></b>	
<b>Minerais Essenciais:</b>	Quartzo (96%).
<b>Minerais Acessórios:</b>	Hidróxido de ferro (3%); Turmalina (1%).
<b>Processos de Alteração:</b>	Turmalinização incipiente.
<b>Descrição Microscópica da Lâmina</b>	<b>Fotomicrografias</b>
Rocha composta, essencialmente, por quartzo de granulação grossa e textura granoblástica. O agregado quartzoso possui granulação muito grossa, relevo baixo, baixa birrefringência, extinção ondulante e subgrãos, constituindo a principal fase mineral da lâmina. Hidróxido de ferro, possivelmente goethita, ocorrem nos intergranulares do quartzo, restritos a certa porção da lâmina. Turmalina esverdeada, subédricas a euédricas, de granulação fina (medindo cerca de 0,15 mm) constitui a mineralogia acessória. Presença de filmes de percolação de óxido de ferro.	
	
Polarização: a) nicóis paralelos e b) nicóis cruzados	
<b>Nome da Rocha:</b>	Veio de quartzo

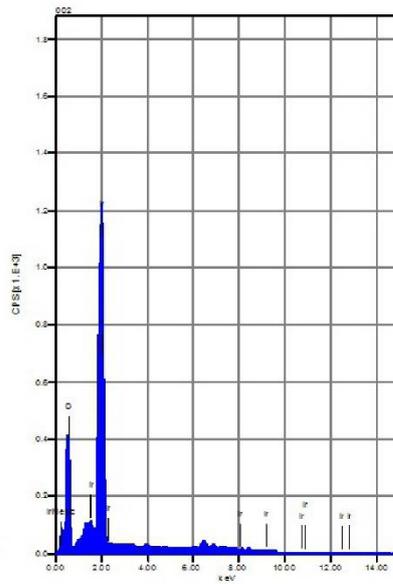
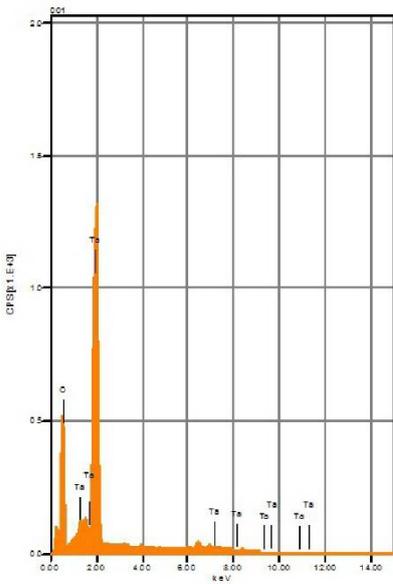
**Apêndice 5** – Fichas petrográficas das lâminas descritas (*continuação*).

 <b>FICHA DE DESCRIÇÃO PETROGRÁFICA -TCC</b> Caracterização químico-mineralógica das rochas encaixantes das mineralizações auríferas da Mina Cata Preta no distrito Santa Rita Durão, Mariana, MG. Orientador: Edison Tazava	
<b>Lâmina: SM-03</b>	
<b>Descrição: Suzan Lira Goulart de Moura</b>	
<b>Descrição Macroscópica da Lâmina</b>	
Afloramento de rocha intemperizada, de coloração cinza a arroxeada, granulação fina a média, composta por quartzo, mica e óxido de ferro. Veios de quartzo branco, concordantes com o bandamento, possuindo cerca de 10cm exibindo turmalinização.	
<b>Descrição Microscópica</b>	
<b><u>Minerais Identificados (ordem decrescente de abundância)</u></b>	
<b>Minerais Essenciais:</b>	Turmalina (46%); Quartzo (40%); Hidróxido de ferro (12%).
<b>Minerais Acessórios:</b>	Pirrotita (<1%); Titanita (<1%).
<b>Processos de Alteração:</b>	Intensa turmalinização.
<b>Descrição Microscópica da Lâmina</b>	<b>Fotomicrografias</b>
Rocha de granulação predominantemente fina, composta, essencialmente, por turmalina, quartzo e opacos, marcada por duas bandas centimétricas distintas, uma rica em turmalina orientada e outra em quartzo, apresentando textura granoblástica. Os cristais de turmalina são anédricos a subédricos, possuem coloração esverdeada a acastanhada, granulação muito fina, relevo moderado, pleocroísmo inverso, alta birrefringência e caráter uniaxial negativo. Hidróxido de ferro, possivelmente goethita, constitui a fase mineral predominante e concentra-se nos espaços intergranulares dos agregados quartzosos. Titanita constitui a mineralogia acessória.	
	
	<b>Polarização: a) nicóis paralelos e b) nicóis cruzados</b>
<b>Nome da Rocha:</b>	Veio de quartzo com turmalina

**Apêndice 6:** Resultado das análises de Microscopia Eletrônica de Varredura – Xenotima.



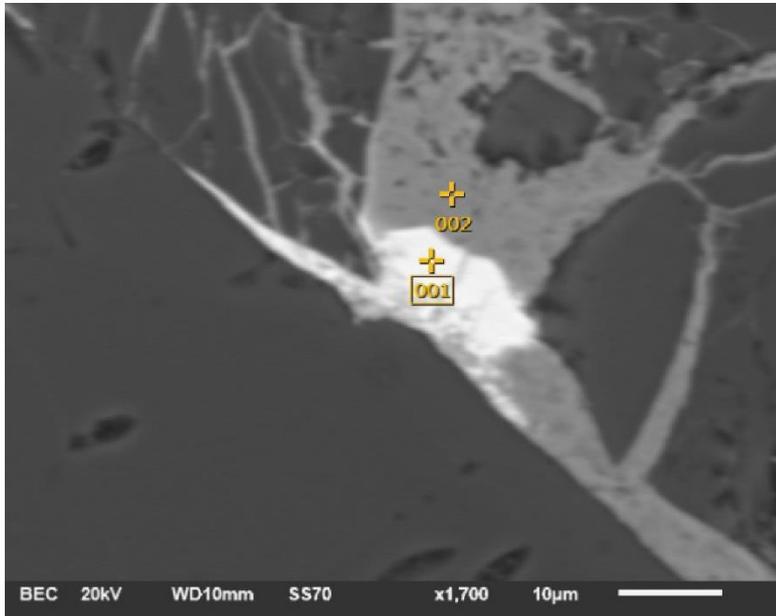
Volt : 20.00 kV  
 Mag. : x 450  
 Date : 2019/04/26  
 Pixel : 1280 x 960



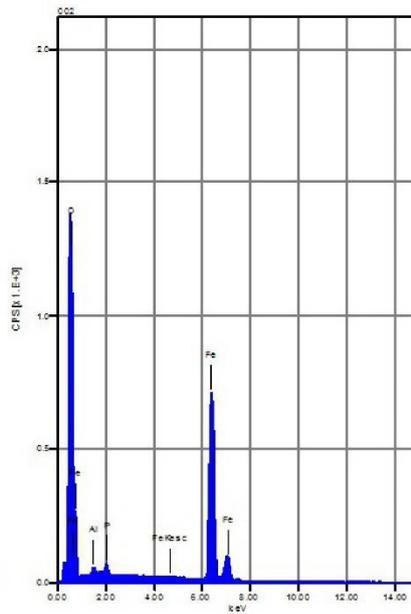
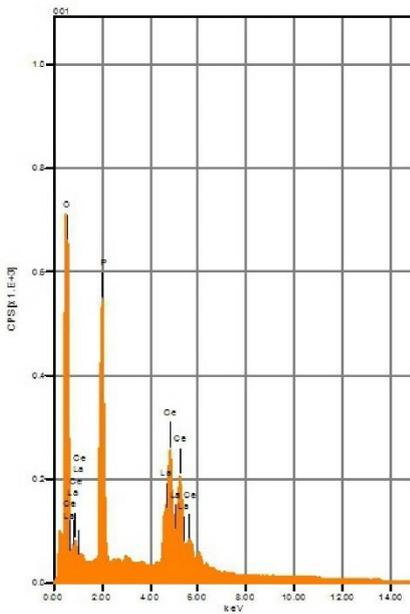
Acquisition Condition  
 Instrument : 6010LA  
 Volt : 20.00 kV  
 Current : ---  
 Process Time : T3  
 Live time : 30.34 sec.  
 Real Time : 48.64 sec.  
 DeadTime : 38.00 %  
 Count Rate : 50416.00 CPS

	O	Ta2O5	Ir2O3
001	0.00	100.00	
002	0.00		100.00
Average	0.00	100.00	100.00
Standard deviation	0.00	0.00	0.00

**Apêndice 6:** Resultado das análises de Microscopia Eletrônica de Varredura – Monazita.



Volt : 20.00 kV  
 Mag. : x 1,700  
 Date : 2019/04/26  
 Pixel : 640 x 480



Acquisition Condition  
 Instrument : 6010LA  
 Volt : 20.00 kV  
 Current : ---  
 Process Time : T3  
 Live time : 7.33 sec.  
 Real Time : 11.87 sec.  
 DeadTime : 39.00 %  
 Count Rate : 50267.00 CPS

	O	Al2O3	P2O5	FeO	La2O3	CeO2	
001	0.00		37.24		16.80	45.96	
002	0.00	1.60	3.11	95.29			
Average	0.00	1.60	20.18	95.29	16.80	45.96	
Standard deviation	0.00	0.00	0.00	12.07	0.00	0.00	0.00

**Apêndice 7:** Resultado das análises geoquímicas efetuadas.

Concentrações expressas em ppm. LQ = Limite de Quantificação.

<b>Elemento</b>	<b>LQ</b>	<b>SM-02</b>	<b>SM-05</b>	<b>SM-18</b>
<b>As</b>	15,16	29,97	<LQ	<LQ
<b>Ba</b>	1,09	2407,31	2110,08	469,27
<b>Bi</b>	9,8	<LQ	<LQ	<LQ
<b>Cd</b>	0,98	5,73	2,71	<LQ
<b>Co</b>	3,12	57,45	572,38	17,99
<b>Cr</b>	2,16	<LQ	<LQ	59,53
<b>Cu</b>	2,46	14,38	216,99	20,50
<b>Li</b>	4,18	<LQ	<LQ	<LQ
<b>Mo</b>	2,44	<LQ	<LQ	<LQ
<b>Ni</b>	6,04	61,48	2077,81	20,96
<b>Sc</b>	0,5	<LQ	3,83	3,03
<b>Sr</b>	0,61	108,62	847,92	79,51
<b>Th</b>	8,88	48,87	51,53	14,92
<b>V</b>	1,26	11,31	11,06	76,40
<b>Y</b>	0,38	44,93	69,90	3,81
<b>Zn</b>	0,62	166,40	637,69	58,52
<b>Be</b>	0,27	10,02	50,58	1,78
<b>Mn</b>	11,1	236942,81	293928,84	38038,97
<b>Sb</b>	15	<LQ	<LQ	21,49
<b>Al</b>	49	12797,68	13787,43	13076,73
<b>Fe</b>	14,48	87386,70	103446,81	296956,91
<b>Ca</b>	8,56	408,01	916,94	283,57
<b>K</b>	24,48	5934,97	5131,46	666,71
<b>Mg</b>	6,08	347,28	1517,67	807,20
<b>Na</b>	6,98	53,86	47,67	<LQ
<b>Zr</b>	0,81	8,47	8,35	23,21
<b>Pb</b>	14,16	33,00	28,53	<LQ
<b>P</b>	13,86	1039,17	2154,35	1091,81
<b>S</b>	16,42	407,80	470,25	90,22
<b>Ti</b>	21,5	219,44	116,88	684,39

