



UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
ESCOLA DE MINAS
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA



TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DE MINERAIS PESADOS DE Pd, Pt, Au E Hg DO
CÓRREGO BOM SUCESSO, SERRO E DA MINA CAUÊ, ITABIRA**

Thomaz Alfenas Rodrigues de Oliveira

MONOGRAFIA nº 439

Ouro Preto, Junho de 2022

**CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DE MINERAIS PESADOS DE
Pd, Pt, Au E Hg DO CÓRREGO BOM SUCESSO, SERRO E DA
MINA CAUÊ, ITABIRA**



FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO

Reitora

Prof.^a Dr.^a Cláudia Aparecida Marlière de Lima

Vice-Reitor

Prof. Dr. Hermínio Arias Nalini Júnior

Pró-Reitora de Graduação

Prof.^a Dr.^a Tânia Rossi Garbin

ESCOLA DE MINAS

Diretor

Prof. Dr. José Alberto Naves Cocota Júnior

Vice-Diretor

Prof. Dr. Cláudio Eduardo Lana

DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA

Chefe

Prof. M.Sc. Edison Tazava

MONOGRAFIA

Nº 439

CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DE MINERAIS PESADOS DE Pd, Pt, Au E Hg DO CÓRREGO BOM SUCESSO, SERRO E DA MINA CAUÊ, ITABIRA

Thomaz Alfenas Rodrigues de Oliveira

Orientador

Prof. Dr. Ricardo Augusto Scholz Cipriano

Monografia do Trabalho de Conclusão de Curso apresentado 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 2021/2.

OURO PRETO

2022

SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

O482c Oliveira, Thomaz Alfenas Rodrigues de.
Caracterização química de minerais pesados de Pd, Pt, Au e Hg do
córrego Bom Sucesso, Serro e da Mina Cauê, Itabira. [manuscrito] /
Thomaz Alfenas Rodrigues de Oliveira. - 2022.
89 f.: il.: color., tab., mapa.

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Augusto Scholz Cipriano.
Monografia (Bacharelado). Universidade Federal de Ouro Preto. Escola
de Minas. Graduação em Engenharia Geológica .

1. Mineralogia. 2. Paládio. 3. Platina. I. Cipriano, Ricardo Augusto
Scholz. II. Universidade Federal de Ouro Preto. III. Título.

CDU 549.27

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



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
REITORIA
ESCOLA DE MINAS
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA



FOLHA DE APROVAÇÃO

Thomaz Alfenas Rodrigues de Oliveira

Caracterização química de minerais pesados de Pd, Pt, Au e Hg do córrego Bom Sucesso, Serro e da mina Cauê, Itabira

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

Aprovada em 27 de junho de 2022

Membros da banca

Dr. Ricardo Augusto Scholz Cipriano - Orientador Universidade Federal de Ouro Preto
Dr. Leonardo Martins Graça - Universidade Federal de Ouro Preto
MSc - Flávia Compassi da Costa - Universidade Federal de Ouro Preto

Ricardo Augusto Scholz Cipriano, orientador do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 07/09/2022



Documento assinado eletronicamente por **Ricardo Augusto Scholz Cipriano, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 07/09/2022, às 18:33, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **0394673** e o código CRC **980C3A91**.

Agradecimentos

Agradeço aos meus pais e minha família pelo apoio nessa caminhada e aos meus amigos e colegas de curso pelo companheirismo. Ao Departamento de Geologia, Escola de Minas e à Universidade Federal de Ouro Preto, pelo ensino de qualidade e por contribuir tanto para o meu crescimento pessoal, profissional e acadêmico.

Ao Museu de Ciência e Técnica da Escola de Minas, à Universidade Federal de Ouro Preto e à Fundação Gorceix por ter contribuído nesse trabalho através da cessão de amostras.

Ao professor Ricardo Scholz, pela orientação, disponibilidade e grande contribuição para a realização deste trabalho. Ao Laboratório de Microscopia e Microanálises – LMic- Setor MEV/EBSD do DEGEO pela contribuição essencial de disponibilização do uso do laboratório para tal estudo.

À FAPEMIG - Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais, pelo apoio financeiro concedido através do Projeto de Pesquisa PPM-00588-18. Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq 310072/2021-2. À PROPP EDITAL 13/2020 - PROCESSO N.: 23109.000928/2020-33.

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	viii
SUMÁRIO	ix
LISTA DE FIGURAS	xi
LISTA DE TABELAS	xiii
RESUMO	v
INTRODUÇÃO	1
1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS	1
1.2 LOCALIZAÇÃO E ACESSO	2
1.2.1 Córrego Bom Sucesso	2
1.2.2 Mina Cauê	3
1.3 NATUREZA E RELEVÂNCIA DO TRABALHO	4
1.3.1 Objetivo Geral	5
1.3.2 Objetivos Específicos	5
METODOLOGIA	6
2.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS	6
2.2 OBTENÇÃO DE AMOSTRAS	6
2.3 REVISÃO DA LITERATURA E CONFECCÃO DOS EMBUTIMENTOS	6
2.4 PREPARAÇÃO DE AMOSTRAS POR FEIXE IÔNICO FOCADO (FIB)	7
2.5 MICROSCÓPIO ELETRÔNICO DE VARREDURA - MEV	7
2.6 MICROSCÓPIO ELETRÔNICO DE TRANSMISSÃO - MET	8
CONTEXTO GEOLÓGICO	9
3.1 CÓRREGO BOM SUCESSO	9
3.1.1 INTRODUÇÃO	9
3.1.2 ESTRATIGRAFIA	12
3.1.3 ARCABOUÇO ESTRUTURAL	17
3.1.4 DEPÓSITOS ALUVIONARES	18
3.2 MINA CAUÊ	19
3.2.1 INTRODUÇÃO	19

3.2.2 ESTRATIGRAFIA	20
3.2.3DEPÓSITOS DO TIPO JACUTINGA.....	28
RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
4.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS	29
4.2 AMOSTRA DO CÓRREGO BOM SUCESSO	29
4.2.1 MEV/AMOSTRA PGE-04.....	29
4.2.2 MEV/AMOSTRA PGE-05.....	31
4.2.3MEV/AMOSTRA PGE-09	34
4.2.4 MEV/AMOSTRA PGE-18.....	35
4.2.5MEV/AMOSTRA PGE-23.....	38
4.3 AMOSTRA DA MINA CAUÊ	39
4.3.1 MEV/AMOSTRA PGE-01	39
4.3.2 MEV/AMOSTRA PGE-08.....	42
4.3.3 MEV/AMOSTRA PGE-11	44
4.3.4 MEV/AMOSTRA PGE-12.....	45
4.3.5 MEV/AMOSTRA PGE-17	47
4.3.6 MEV/AMOSTRA PGE-22.....	49
4.3.7 MEV/AMOSTRA PGE-24.....	51
4.3.8 MEV/AMOSTRA PGE-25.....	52
4.4 MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE TRANSMISSÃO - MET.....	54
CONCLUSÃO	57
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	59
ANEXO.....	65

INDÍCE DE FIGURAS

Figura 1.2.1 - Mapa de localização e acesso ao córrego Bom Sucesso. Modificada de Google Earth.....	3
Figura 1.2.2 - Mapa de local de acesso da Mina Cauê. Modificada de Google Earth.....	4
Figura 3.1.1 - Mapa de situação da Serra do Espinhaço Meridional (SdEM). Modificado de Almeida Abreu (1995).....	11
Figura 3.1.2 - Estratigrafia da SdEM. Modificado de Martins-Neto (1998).....	12
Figura 3.2.1 - Mapa geológico simplificado do Quadrilátero Ferrífero (Endo <i>et al</i> 2019a).....	19
Figura 3.2.2 - Coluna estratigráfica do Quadrilátero Ferrífero. Modificado de Dorr (1969), Alkmim e Marshak (1998), e Farina <i>et al.</i> (2016).....	21
Figura 4.2.1.1 - Imagem por MEV da amostra PGE-04.....	31
Figura 4.2.1.2 - Espectro da amostra PGE-04 no ponto 10 e 11.....	31
Figura 4.2.1.3 - Espectro da amostra PGE-04 no ponto 12 e 13.....	32
Figura 4.2.2.1 - Imagem por MEV da amostra PGE-05.....	33
Figura 4.2.2.2 - Espectro da amostra PGE-05 no ponto 21 e 22.....	33
Figura 4.2.2.3 - Espectro da amostra PGE-05 no ponto 23.....	34
Figura 4.2.2.4 - Espectro da amostra PGE-05 no ponto 24.....	34
Figura 4.2.3.1 - Imagem por MEV da amostra PGE-09.....	36
Figura 4.2.3.2 - Espectro da amostra PGE-09 no ponto 12 e 13.....	36
Figura 4.2.4.1 - Imagem por MEV da amostra PGE-18.....	37
Figura 4.2.4.2 - Espectro da amostra PGE-18 no ponto 61 e 62.....	38
Figura 4.2.4.3 - Espectro da amostra PGE-18 no ponto 63.....	38
Figura 4.2.4.4 - Espectro da amostra PGE-18 no ponto 64.....	39
Figura 4.2.5.1 - Imagem por MEV da amostra PGE-23.....	40
Figura 4.2.5.2 - Espectro da amostra PGE-23 nos pontos 20 e 21.....	40
Figura 4.3.1.1 - Imagem por MEV da amostra PGE-01.....	42
Figura 4.3.1.2 - Espectro da amostra PGE-01 no ponto 01.....	42
Figura 4.3.1.3 - Espectro da amostra PGE-01 no ponto 02.....	43
Figura 4.3.1.4 - Espectro da amostra PGE-01 no ponto 03 e 04.....	43
Figura 4.3.2.1 - Imagem por MEV da amostra PGE-08.....	45
Figura 4.3.2.2 - Espectro da amostra PGE-08 no ponto 27 e 28.....	45
Figura 4.3.3.1 - Imagem por MEV da amostra PGE-11.....	47
Figura 4.3.3.2 - Espectro da amostra PGE-11 no ponto 43 e 44.....	47
Figura 4.3.4.1 - Imagem por MEV da amostra PGE-12.....	49

Figura 4.3.4.2 - Espectro da amostra PGE-11 no ponto 43 e 44.....	49
Figura 4.3.5.1 - Imagem por MEV da amostra PGE-17.....	50
Figura 4.3.5.2 - Espectro da amostra PGE-17 no ponto 51 e 52.....	51
Figura 4.3.6.1 - Imagem por MEV da amostra PGE-22.....	52
Figura 4.3.6.2 - Espectro da amostra PGE-22 no ponto 13, 14, 16 e 17.....	53
Figura 4.3.7.1 - Imagem por MEV da amostra PGE-24.....	54
Figura 4.3.7.2 - Espectro da amostra PGE-24 no ponto 22.....	55
Figura 4.3.8.1 - Imagem por MEV da amostra PGE-25.....	56
Figura 4.3.8.2 - Espectro da amostra PGE-25 no ponto 29.....	56
Figura 4.4.1 - Imagem por MET da amostra de Vincentita	57
Figura 4.4.2 - Imagem por MET da amostra de Vincentita	58
Figura 4.4.3 - Imagem por MET da amostra de Vincentita	59

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 4.2.1 - Distribuição de teores da amostra PGE-04.....	32
Tabela 4.2.2 - Distribuição de teores da amostra PGE-05.....	35
Tabela 4.2.3 - Distribuição de teores da amostra PGE-09.....	37
Tabela 4.2.4 - Distribuição de teores da amostra PGE-18.....	39
Tabela 4.2.5 - Distribuição de teores da amostra PGE-23.....	41
Tabela 4.3.1 - Distribuição de teores da amostra PGE-01.....	44
Tabela 4.3.2 - Distribuição de teores da amostra PGE-08.....	46
Tabela 4.3.3 - Distribuição de teores da amostra PGE-11.	48
Tabela 4.3.4 - Distribuição de teores da amostra PGE-12.....	50
Tabela 4.3.5 - Distribuição de teores da amostra PGE-17.....	51
Tabela 4.3.6 - Distribuição de teores da amostra PGE-22.....	53
Tabela 4.3.7 - Distribuição de teores da amostra PGE-24.	55
Tabela 4.3.8 - Distribuição de teores da amostra PGE-25.....	57

Resumo

As ocorrências de paládio e platina associadas a ouro do Córrego Bom Sucesso e da Mina Cauê são fontes de vários estudos desde o início do século XIX e fonte de extração de riquezas minerais desde o século XVIII. A ocorrência do Córrego Bom Sucesso é famosa devido à existência de um aluvião platinífero considerado como fonte do material a partir do qual, pela primeira vez, o elemento paládio foi identificado. A Mina Cauê é conhecida pela ocorrência de minério do tipo Jacutinga, onde o ouro ocorre associado ao paládio, um elemento diagnóstico nos depósitos de Jacutinga do Quadrilátero Ferrífero. A fim de determinar a associação de platina, paládio, ouro e minerais secundários associados, realizou-se a caracterização mineralógica de amostras do minério da Mina de Cauê e do Córrego Bom Sucesso. Para isso, primeiramente, foram levantados dados de estudos anteriores sobre os locais das ocorrências com o intuito de determinar o contexto geológico onde a área está inserida. Foi realizada a análise pelo microscópio eletrônico de varredura (MEV) e pelo microscópio eletrônico de transmissão (MET). Os resultados são apresentados em tabelas e imagens e comparados à base de dados do site *mindat.org*. Esta comparação química possibilita a identificação do mineral em questão.

Palavras chave: Córrego Bom Sucesso, Mina Cauê, Platina, Paládio, Ouro, Jacutinga, Mineralogia.

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A correta caracterização mineralógica de rochas é um ponto essencial para ciência e para a sociedade como um todo. Através do desenvolvimento de estudos sobre os minerais e suas propriedades podemos alcançar o melhor aproveitamento de recursos naturais e o desenvolvimento de novas aplicações tecnológicas. No presente trabalho será feita a caracterização de duas amostras de concentrados de minerais pesados cedidas pelo Museu de Ciência e Técnica da Universidade Federal de Ouro Preto – UFOP. Ambas são provenientes de importantes ocorrências mineralógicas, uma de paládio e outra de ouro, sendo a primeira amostra coletada do aluvião platinífero do córrego Bom Sucesso localizado no município do Serro, na porção central da Serra do Espinhaço e a segunda amostra da mineralização localmente denominada “jacutinga” na mina Cauê, mina de ferro da Vale no município de Itabira, localizado na região nordeste do Quadrilátero Ferrífero.

No município do Serro, a noroeste do centro urbano, surge o famoso córrego Bom Sucesso que após correr aproximadamente 2 km deságua do Rio do Peixe. A fama da localidade se dá pela existência de um aluvião platinífero considerado como fonte do material a partir do qual, pela primeira vez, o elemento paládio foi identificado (Wollaston 1809; Hussak 1906). Desde meados do século XVIII o depósito aluvial tem sido fonte de extração, no início de forma manual e posteriormente de forma mecanizada, de minerais valiosos como Au, Pt-Pd e diamantes. O depósito ocorre próximo a quartzitos de formação diamantífera Sopa-Brumadinho do Supergrupo Espinhaço. (Pflug 1967; Martins-Neto 1996).

A ocorrência de ouro da mina Cauê está associada ao minério do tipo Jacutinga. Proposto inicialmente por Eschewege (1833) e mais tarde definido por Hussak (1906) o termo Jacutinga pode ser estabelecido como depósitos em forma de núcleos ou faixas, que ocorrem nos itabiritos, possuindo no máximo 50 centímetros de espessura, caracterizados por alto teor de ouro, ausência de sulfetos e presença de óxido de manganês. O ouro hospedado no itabirito e no minério de ferro do Quadrilátero Ferrífero é extraído desde o século XVIII. Na verdade, Itabira começou como um centro de mineração de ouro após as primeiras descobertas terem sido feitas em 1720. O ouro é ligado com paládio (Hussak 1906), um elemento diagnóstico nos depósitos de Jacutinga do Quadrilátero Ferrífero (Kwitko 2002). A mina Cauê, onde ocorre a Jacutinga, em Itabira, é conhecida pela extração do minério de ferro da Formação Cauê em grande escala e também pela de alta qualidade deste. A Formação Cauê, de idade Paleoproterozóica, possui importantes depósitos ferríferos de elevado teor e pureza. É considerada uma

região de grande complexidade estrutural é alvo de inúmeras pesquisas (Dorr 1969, Chemale *et al.* 1994, Alkmim e Marshak 1998).

O paládio (${}_{46}\text{Pd}^{106,4}$) é um elemento químico pertencente aos Elementos do Grupo da Platina (EGP). Em condições ambientes encontra-se em estado sólido e se apresenta como metal branco prateado. Suas primeiras descobertas estão diretamente relacionadas à história da mineração em Minas Gerais. Esse metal teria sido primeiramente confundido com a platina ou mesmo nomeado como “ouro podre” para se referir ao ouro associado ao paládio em certas proporções em ligas naturais, extraído das areias de rios no Brasil desde o final do século XVII. Descoberto entre 1802-1803 pelo químico William Hyde Wollaston, esse metal apresenta atualmente enorme relevância e é empregado em diversos ramos da indústria, como catalisadores, materiais cirúrgicos, odontológicos, microeletrônica e joalheria. De maneira geral, os elementos do EGP, que são formados por platina (Pt), paládio (Pd), ródio (Rh), irídio (Ir), ósmio (Os) e rutênio (Ru), têm muito interesse comercial. Eles fazem parte dos componentes principais de conversores catalíticos automotivos, introduzidos em automóveis a partir da década de 70. A intenção de tais catalisadores é a redução da emissão de monóxido de carbono e hidrocarbonetos (Faria *et al.* 2019).

1.2 LOCALIZAÇÃO E ACESSO

1.2.1 Córrego Bom Sucesso

O córrego Bom Sucesso está localizado no município de Serro, no estado de Minas Gerais, região sudeste do Brasil. O córrego Bom Sucesso situa-se a noroeste do município, a aproximadamente 6 km do centro da cidade, na latitude 18° 33' 15" sul e longitude 43° 25' 10" oeste. A cidade do Serro situa-se no centro-nordeste de Minas Gerais, na região central da Serra do Espinhaço. O acesso ao município do Serro como pode ser visto na Figura 1.2.1, se dá pela estrada BR-259.



Figura 1.2.1: Mapa de localização e acesso ao córrego Bom Sucesso, município do Serro. Imagem modificada do Google Earth. DATUM: WGS84

1.2.2 Mina Cauê

A mina Cauê está localizada no município de Itabira, no estado de Minas Gerais, na região sudeste do Brasil. A cidade de Itabira está situada no centro-sul do estado de Minas Gerais, em uma região mais conhecida como Quadrilátero Ferrífero, a leste da capital do estado (Belo Horizonte). As coordenadas da mina são, na latitude $19^{\circ}36'21''$ sul e longitude $43^{\circ}13'07''$ oeste. O acesso, como pode ser visto na Figura 1.2.2, se dá pela estrada MG-129, tanto pelo Nordeste quanto por Sudoeste.

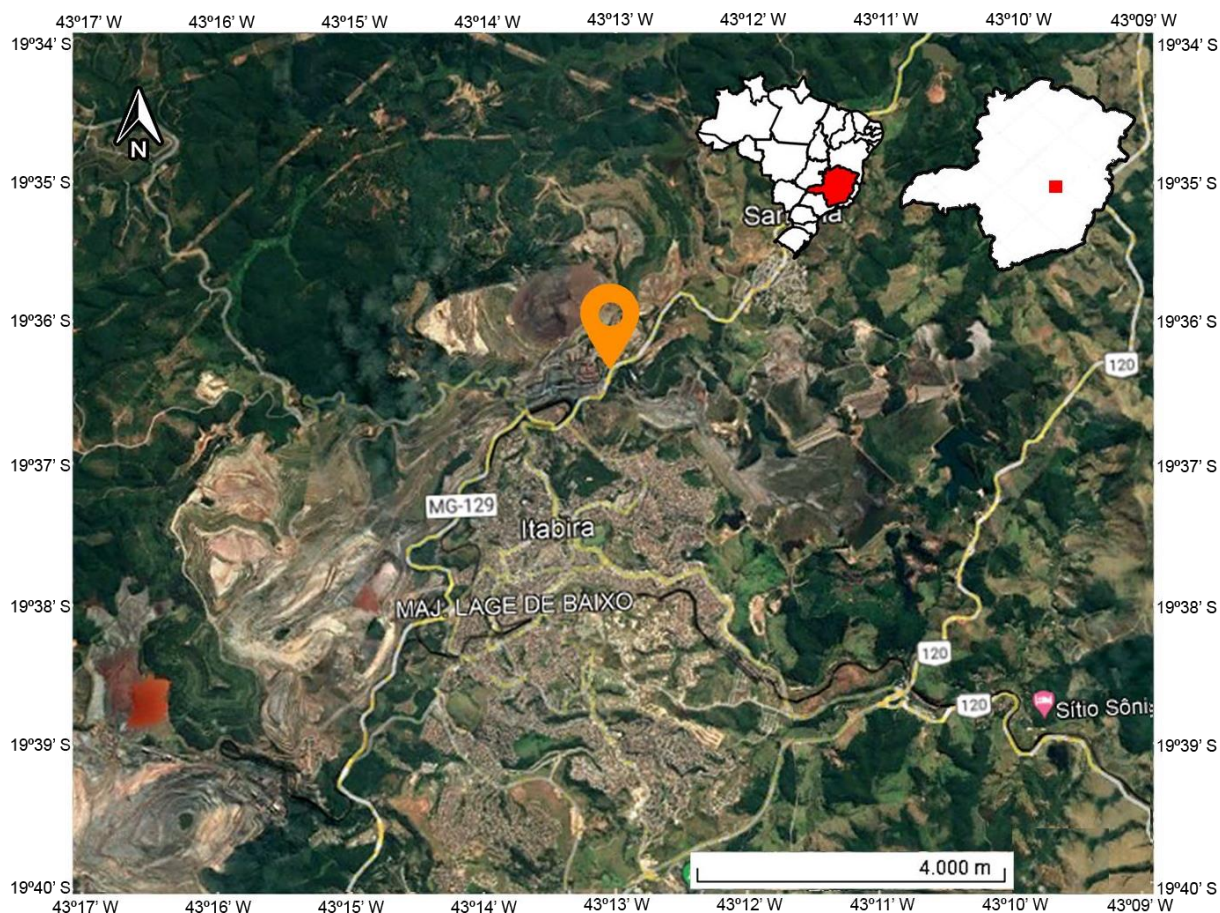


Figura 1.2.2: Mapa de localização e acesso à Mina Cauê, município de Itabira. Imagem modificada do Google Earth. DATUM: WGS84

1.3 NATUREZA E RELEVÂNCIA DO TRABALHO

De acordo com o site oficial do Museu de Ciência e Técnica da UFOP (<https://mct.ufop.br/>) o Museu possui uma vasta coleção de mineralogia com diversas amostras de minerais. A coleção de mineralogia do Museu foi iniciada por Claude-Henri Gorceix com amostras trazidas pelo mesmo do Laboratório de Mineralogia e Geologia localizado no Rio de Janeiro. Com o passar do tempo mais amostras de minerais foram sendo adicionadas à coleção e hoje já conta com várias amostras como o ouro-preto, o topázio imperial, o euclásio azul, a coleção de quartzo em várias cores, cristais de berilo, como água-marinha e esmeralda, e muitas outras riquezas mineralógicas, além de ser o fiel depositário de amostras como a Césarferreiraita, correianevesita e parisita-(La).

Muitos dos minerais presentes hoje na coleção do Museu, quando adicionados, foram

caracterizados e determinados utilizando-se técnicas rudimentares, prejudicando a precisão dos resultados obtidos a partir dessas técnicas. Atualmente, a Universidade Federal de Ouro Preto conta com equipe técnica e equipamentos que possibilitam obter resultados mais eficientes para determinação de minerais. Portanto, neste cenário, é importante que se faça a utilização de técnicas analíticas para a melhor caracterização dos minerais estudados em questão, uma vez que os minerais do grupo da platina podem formar ligas metálicas, abrindo espaço para a descrição de novas fases minerais.

1.3.1 Objetivo Geral

O objetivo geral é realizar estudos mineralógicos e caracterizar quimicamente as amostras de concentrados de minerais pesados de Pd, Pt, Au e Hg do depósito de *placer* do córrego Bom Sucesso próximo ao município do Serro e da mina Cauê em Itabira, além da possível identificação de novos minerais. Estas amostras foram obtidas vindas do Museu de Ciência e Técnica - UFOP, pelo professor orientador do trabalho, Ricardo Scholz.

1.3.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos são:

- Realizar um estudo de revisão bibliográfica sobre a região da mina Cauê e do córrego Bom Sucesso, assim como analisar seus históricos.
- Analisar microscopicamente as amostras fornecidas através do microscópio eletrônico de transmissão (MET) e do microscópio eletrônico de varredura (MEV) através da técnica de espectroscopia de raios X por energia dispersiva (EDS).
- Reconhecer as associações de minerais dos EGP e possíveis novos minerais.
- Fazer as análises de laboratório para posteriormente comparar com banco de dados já existente do *mindat.org*.

CAPÍTULO 2

METODOLOGIA

2.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Este capítulo é destinado à apresentação dos materiais estudados, bem como será feita uma breve exposição acerca das principais características dos equipamentos utilizados no desenvolvimento desta pesquisa, da regulamentação utilizada na realização das diversas tarefas e, por fim, será demonstrada a metodologia de pesquisa utilizada nos diferentes ensaios.

Didaticamente, é possível separar a metodologia utilizada em quatro etapas diversas e consecutivas, quais sejam: (I) obtenção de amostras – fornecimento das amostras do Museu de Ciência e Técnica ao professor orientador Ricardo Scholz; (II) revisão bibliográfica e confecção dos embutimentos em resina; (III) Preparação de amostras por feixe iônico focado (FIB) ; (IV) descrição da amostra após a observação através do microscópio eletrônico de varredura (MEV); (V) descrição da amostra após a observação através do microscópio eletrônico de transmissão (MET); (VI) análise dos dados obtidos na execução das etapas IV e V e confecção desta monografia.

2.2 OBTENÇÃO DE AMOSTRAS

As amostras utilizadas na elaboração do trabalho foram cedidas pelo Museu de Ciência e Técnica da UFOP ao professor orientador Ricardo Scholz. As amostras correspondem a parte de dois concentrados de minerais pesados, sendo um proveniente do Córrego Bom Sucesso identificado e exposto no Museu como Platina e outro proveniente da mina Cauê, Itabira, identificado como amostra de Ouro.

2.3 REVISÃO DA LITERATURA E CONFECÇÃO DOS EMBUTIMENTOS

O início desta etapa foi dado pela realização de revisão bibliográfica, cujo objetivo foi de angariar informações acerca de estudos geológicos realizados anteriormente, do contexto geológico regional e local, destacando-se os aspectos mineralógicos, a fim de se obter dados indispensáveis para a realização desta pesquisa. Além disso, foi utilizada a ferramenta Google Earth, que viabilizou a análise de imagens da região do córrego Bom Sucesso e da mina Cauê, para obtenção de informações sobre as principais feições geomorfológicas, vias de acesso e drenagens da região.

O banco de dados do *www.mindat.org* foi utilizado para levantamento acerca dos minerais já descritos nas duas localidades.

O processo de confecção dos embutimentos foi feito pela equipe técnica do Laboratório de Laminação (LAMIN) do Departamento de Geologia da Escola de Minas (DEGEO). As amostras foram depositadas manualmente em fita dupla face, sobre a qual foi afixado tubo de PVC de 20 mm de diâmetro interno e posteriormente preenchido com resina acrílica e endurecedor. Após o período de secagem, foi feito o polimento das amostras, para o melhor desempenho dos métodos analíticos.

2.4 PREPARAÇÃO DE AMOSTRAS POR FEIXE IÔNICO FOCADO (FIB)

O feixe iônico focado (focused ion beam - FIB) foi criado na Universidade de Chicago no final da década de 1970, e utilizado quase que exclusivamente pela indústria de semicondutores (Kirk *et al.* 1989). O (FIB) produz um feixe de íons de alta energia que é capaz de escavar a amostra revelando seu interior. A interação desse feixe com as amostras produz partículas secundárias (íons, átomos e elétrons). Tanto íons como elétrons secundários podem ser coletados para formar a imagem da superfície. Para isso, ele pode ser incorporado a outro instrumento analítico como o Microscópio Eletrônico de Transmissão (MET) (Reyntjens *et al.* 2001).

O método consiste na retirada de uma fatia muito fina do material a ser analisado, com espessura da ordem de 500 nm. Decorre da deposição de platina e gálio gasoso em uma superfície plana, que posteriormente é cortada em profundidade através de raio laser e desbastada até a espessura de 50 nm, permitindo a obtenção de padrão de difração de elétrons.

2.5 MICROSCÓPIO ELETRÔNICO DE VARREDURA - MEV

Na investigação de microestruturas de materiais metálicos, o microscópio eletrônico de varredura (MEV) é um dos equipamentos mais utilizados, uma vez que fornece com rapidez informações sobre a morfologia e identificação de elementos químicos de uma amostra sólida observada através dele, além da alta resolução obtida pelo aparelho. Seu funcionamento se dá, em suma, da seguinte forma: trata-se de uma espécie de canhão de elétrons que produz um feixe de elétrons em uma coluna sob o vácuo, e, em seguida, este feixe é focado e dirigido para incidir sob uma pequena área da amostra (Dedavid *et al.* 2007)

Antes de serem analisadas pelo MEV, as amostras são preparadas e submetidas a um processo de metalização, que consiste no depósito em alto vácuo de camadas de metais ou de não metais, sobre superfícies preparadas de plástico, vidro, metal, etc. Pelo processo de descarga iônica, as partes a serem metalizadas são limpas e, em seguida, são de fato metalizadas em um único ciclo de trabalho. Este processo é fundamental para evitar a fusão de amostras no tipo de aparelho em questão, pois quando

ocorre a desaceleração do feixe de elétrons incidente, este funciona como condutor, “escoando” os elétrons incidentes do feixe na amostra. Dessa forma, evita-se que a carga elétrica gerada acumule sobre a feição e interfira no resultado da análise. Portanto, a escolha do condutor deve ser feita de maneira e não coincidir com o elemento analisado, evitando resultados superestimados, sendo o Au e o C exemplos de condutores amplamente utilizados na metalização de embutimentos (Luz *et al.* 2010)

As bobinas de varrimento, como o próprio nome sugere, permitem uma varredura pelo feixe em uma pequena região da amostra. Pela interação de elétrons retro difundidos de pequeno ângulo com as saliências da superfície da amostra, origina-se elétrons secundários, que geram um sinal eletrônico, que, por sua vez, geram uma imagem com profundidade de campo aproximadamente 300 vezes maior em comparação com um microscópio óptico. A resolução do MEV é de cerca de 5 nanômetros, e o aparelho ainda permite ampliações que variam de 15 a 100.000 vezes (Nagatani 1987).

Para medir a energia dos elétrons com o MEV, utiliza-se o método da espectroscopia por energia dispersiva (EDS), resultando em uma identificação precisa, rápida e pontual. O Laboratório de Microscopia e Microanálises (LMic) do Departamento de Geologia da Escola de Minas (DEGEO) possui um equipamento de MEV, marca Jeol, modelo JSM – 6510, que foi utilizado na pesquisa.

2.6 MICROSCÓPIO ELETRÔNICO DE TRANSMISSÃO - MET

A utilização de microscopia eletrônica de transmissão na geologia é fundamental para caracterização de materiais já que permite não só visualizar a morfologia como também permite identificar defeitos, estrutura cristalina, entre outros. Acoplado com as técnicas de espectroscopia de raios X por energia dispersiva (EDS), o MET se transforma numa ferramenta eficiente para análise química, qualitativa e quantitativa, com alta resolução espacial (Oliveros 2012).

De maneira geral, o funcionamento do MET se dá da seguinte maneira: Utiliza-se um feixe de elétrons sob alta tensão emitido por uma coluna de elétrons. Lentes eletromagnéticas são empregadas para focalizar o feixe de elétrons na amostra. Ao passar através da amostra, os átomos que constituem o feixe de elétrons produzem diferentes tipos de radiação. (Kestenbach, Botta Filho 1989).

A parte mais importante desse microscópio é a coluna, onde o feixe de elétrons é gerado e dirigido para atravessar a amostra e onde a imagem será ampliada para a realização da análise e registro digital. Os elementos principais constituintes que controlam a passagem dos elétrons pela coluna são: filamento, anodo, sistema de alinhamento, lente condensadora, correção de astigmatismo e campo escuro, lente objetiva, lente projetora e tela (Kestenbach, Botta Filho 1989).

CAPÍTULO 3

CONTEXTO GEOLÓGICO

3.1 CÓRREGO BOM SUCESSO

3.1.1 INTRODUÇÃO

A Serra do Espinhaço ou Cordilheira do Espinhaço (Eschwege 1822) foi o nome dado ao conjunto de montanhas que compreendem uma faixa orogênica que se estende na direção norte-sul, desde o centro do estado de Minas Gerais até o norte da Bahia. Composta predominantemente por quartzitos, a formação possui relevo acentuado.

A Serra do Espinhaço compreende uma sucessão de rochas agrupadas da seguinte ordem, da base para o topo: Complexo Basal, Supergrupo Rio Paraúna, Supergrupo Espinhaço e Supergrupo São Francisco. A Bacia Espinhaço e seus depósitos estão agrupados na unidade litoestratigráfica do Supergrupo Espinhaço. O Complexo Basal de idade arqueana, composto essencialmente por granitos, gnaisses e migmatitos, é subdividido nas unidades Granito Gouveia e Grupo Congonhas. O Supergrupo Rio Paraúna (Fogaça *et al.* 1984), sotoposto ao Supergrupo Espinhaço, também é subdividido em dois grupos, sendo eles: Grupo Pedro Pereira e Grupo Costa Sena, na ordem estratigráfica. O Supergrupo São Francisco sobrepõe-se ao Supergrupo Espinhaço e é composto por Grupo Macaúbas e Grupo Bambuí.

A divisão da Bacia do Espinhaço foi primeiramente definida por Pflug (1968) em oito formações, da base para o topo: São João da Chapada, Sopa-Brumadinho, Galho do Miguel, Santa Rita, Córrego dos Borges, Córrego Bandeira, Córrego Pereira e Rio Pardo Grande. Schöll & Fogaça (1979) denominaram de Supergrupo Espinhaço as rochas quartzíticas abrangendo as oito formações mencionadas anteriormente, substituindo a “Série Minas” Pflug (1965), termo utilizado para designar as rochas adjacentes a Diamantina que se correlacionavam com os metassedimentos do Quadrilátero Ferrífero. Posteriormente foi Dossin *et al.* (1984) que agrupou as oito formações em dois grupos, sendo eles: Grupo Diamantina que incluía as três primeiras formações; e Grupo Conselheiro Mata, incluindo as cinco últimas formações, de acordo com o sistema deposicional e o contexto de evolução da bacia. Knauer (1990) introduziu o Grupo Guinda, em substituição ao Grupo Diamantina de Dossin *et al.* (1985), o grupo reúne as formações São João da Chapada, Sopa-Brumadinho e Galho do Miguel. A Formação Bandeirinha, considerada até então como unidade de topo do Supergrupo Rio Paraúna, foi incluída por Almeida Abreu (1993) e Almeida Abreu & Pflug (1994) na base do Grupo Guinda.

Pode-se subdividir a Serra do Espinhaço em dois domínios fisiográficos. O domínio meridional que corresponde a parte da Serra do Espinhaço localizada no estado de Minas Gerais e o domínio setentrional é correspondente a parte da serra que se localiza no estado da Bahia. Os depósitos localizados nos dois estados possuem certa correlação principalmente quanto às associações de fácies e aos sistemas deposicionais (Alkmin *et al.* 1996). Na sua parte meridional predominam os depósitos do Supergrupo Espinhaço, em detrimento do Supergrupo São Francisco.

Localizada no limite sudeste do Cráton São Francisco, a Serra do Espinhaço Meridional (SdEM) representa uma faixa orogênica que se conecta na extremidade nordeste com a Faixa Araçuaí e difere-se da sua parte setentrional devido a sua segmentação e deslocamento em relação a direção setentrional da serra (Fig 3.1). Do Quadrilátero Ferrífero à região de Olhos d'Água, a SdEM se estende latitudinalmente por aproximadamente 300 km e é arquitetada por litologias do Supergrupo Espinhaço, composto por rochas quartzíticas, rochas filíticas, conglomeráticas e vulcânicas tanto de caráter básico quanto de caráter ácido. Considerada uma área abundante em pesquisas, a geologia da Serra do Espinhaço é abordada em diversos trabalhos científicos atualmente.

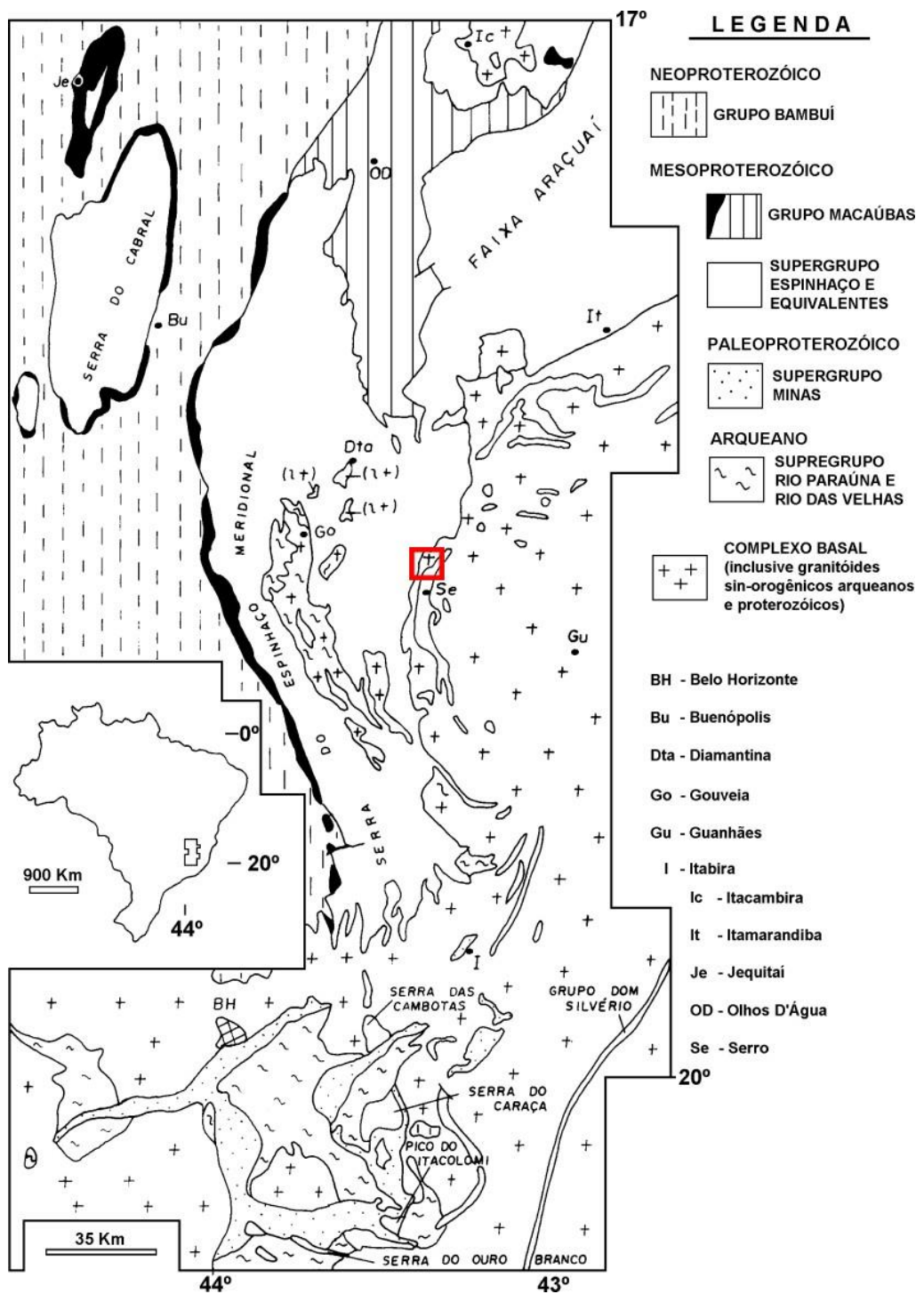


Figura 3.1: Mapa de situação da Serra do Espinhaço Meridional (SdEM) com a área de estudo em destaque vermelho. Modificado de Almeida Abreu (1995)

3.1.2 ESTRATIGRAFIA

A SdEM compreende três conjuntos tectono-estratigráficos maiores, sendo eles: Complexo Basal, Supergrupo Rio Paraúna e Supergrupo Espinhaço. Bordejando a serra, unidades dos grupos Macaúbas e Bambuí se apresentam limitando a serra a norte e oeste.

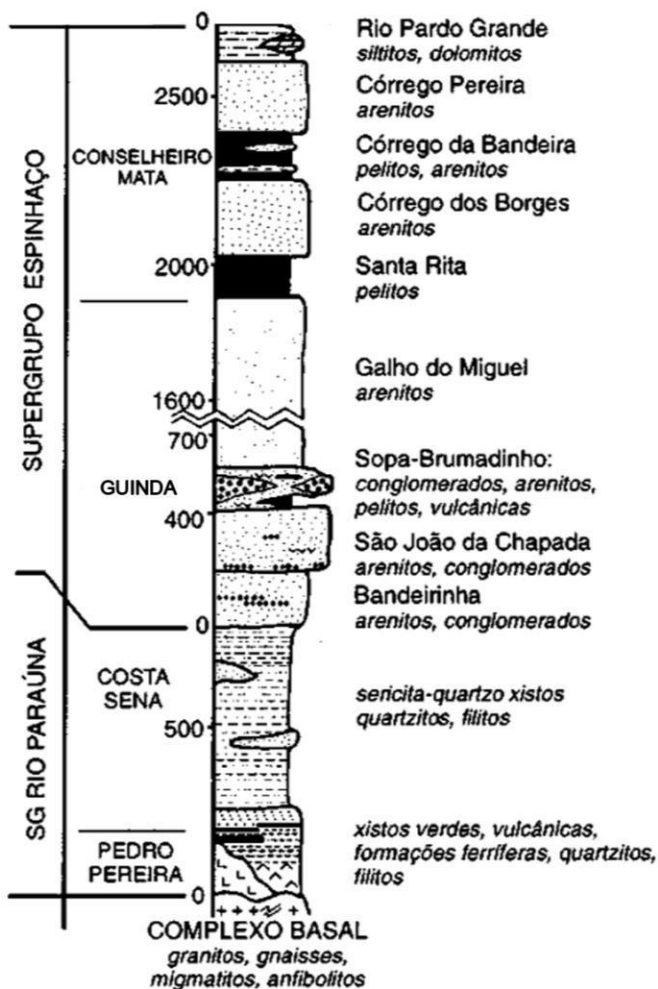


Tabela 3.1: Estratigrafia da SdEM.. Modificado de MartinsNeto (1998).

3.1.2.1 Complexo Basal

O Complexo Basal compõe uma faixa central da SdEM, composto predominantemente por rochas graníticas da subdivisão Granito de Gouveia, bem como rochas gnáissicas-migmatíticas mais antigas, do Grupo Congonhas (Hoffmann 1983). Na porção leste e na porção sul da SdEM o Complexo Basal é caracterizado majoritariamente por distintos tipos de gnaisses e, subordinadamente, por granitos, charnoquitos e granulitos. As idades apresentadas pelas rochas do complexo variam entre idades arqueanas, paleoproterozoicas e, localmente, idades mesoproterozoicas e neoproterozoicas (Teixeira *et al.* 1990).

3.1.2.2 Supergrupo Rio Paraúna

Representado por uma sequência supracrustal que somente aflora na porção central da SdEM, bem como na borda sudeste da serra o Supergrupo Rio Paraúna (Fogaça *et al.* 1984) possui uma distribuição restrita na área.

Grupo Pedro Pereira

O Grupo Pedro Pereira, que compõe a base do Supergrupo Rio Paraúna é representado pela associação de rochas meta-máficas, ultramáficas, ácidas e de metassedimentos químicos, representados pelas *Banded Iron Formation* (BIF's) e metacherts, apresentando, sistematicamente, contatos tectônicos com as rochas do Complexo Basal. (Fogaça *et al.* 1984).

Grupo Costa Sena

O Grupo Costa Sena é a unidade superior e é considerado a principal unidade, quando relacionada à distribuição em área, do Supergrupo Rio Paraúna. O grupo é composto por uma espessa sequência de sericita-xistos associada a diferentes volumes de quartzo e, por vezes, cianita. Podendo também conter lazulita, turmalina e hematita. (Machado *et al.* 1989).

3.1.2.3 Supergrupo Espinhaço

O Supergrupo Espinhaço aflora abrangentemente na superfície da SdEM. O supergrupo é subdividido em duas unidades sendo elas o Grupo Guinda e o Grupo Conselheiro Mata. O primeiro é composto por quatro formações, sendo elas: Formação Bandeirinha, São João da Chapada, Sopa-

Brumadinho e Galho do Miguel. O grupo também é composto por uma espessa associação de sedimentos continentais com metavulcanitos intercalados, referente à fase rifte da Bacia Espinhaço. (Knauer 1990).

Grupo Guinda

As cinco formações superiores do Supergrupo Espinhaço representam o Grupo Conselheiro Mata (Dossin *et al.* 1985), e, no aspecto litológico, o grupo representa uma espessa pilha de sedimentos de origem marinha costeira com determinados aportes de sedimentos de origem continental (Almeida Abreu 1993).

Formação Bandeirinha

A Formação Bandeirinha, unidade constituinte da base o do Supergrupo Espinhaço, sendo também base do Grupo Guinda. (Silva 1995; Alkmin *et al.* 1996; Martins-Neto 1998), aflora na região sudoeste da cidade de Diamantina. Apresenta-se de maneira restrita em relação à área, principalmente identificada por quartzitos róseos com lentes de metaconglomerados, estes ocorrendo de forma subordinada.

Formação São João da Chapada

A Formação São João da Chapada possui espessura de aproximadamente 200 metros e apresenta contatos inferiores evidenciados por discordância erosiva/angular e superiores por contato gradacional. Schöll & Fogaça (1979) subdividiram informalmente a formação em três níveis distintos, cujas propriedades apontam ambientes continentais.

Formação Sopa-Brumadinho

A Formação Sopa-Brumadinho apresenta extensa distribuição na Folha Diamantina e se destaca como a formação mais importante do Supergrupo Espinhaço, devido ao fato de que tem sido objeto de trabalhos de detalhe tanto por permitir correlações estratigráficas em nível regional, quanto por seu potencial econômico. Através do estudo da formação (e.g. Schöll 1980; Schöll & Turinsky 1980; Fogaça & Almeida-Abreu 1982; Alvarenga 1982; Almeida-Abreu & Munhoz 1983; Almeida-Abreu *et al.* 1987) puderam determinar subdivisões estratigráficas mais apuradas, que posteriormente seriam apresentadas

na proposta de Almeida-Abreu *et al.* (1993), o qual substituiu os níveis “D”, “E” e “F” determinados por Schöll & Fogaça (1979) por novos três membros reconhecidos, designados respectivamente de Datas, Caldeirões e Campo Sampaio, este último já proposto por Fogaça & Almeida-Abreu (1982).

O Membro Datas, unidade inferior da Formação Sopa-Brumadinho, constitui-se de associações de filitos e quartzitos micáceos finos com espessura de até 30 - 40 m. Os contatos geralmente se apresentam de forma gradacional com as rochas componentes da base da Formação São João da Chapada e com rochas do topo do Membro Caldeirões. No entanto, quando a base do Membro Caldeirões é representada por metaconglomerados, os contatos apresentam-se bruscos (e.g. Knauer 1990), marcando uma superfície irregular de discordância erosiva. Comumente ocorrem variações laterais e verticais, ocorrendo assim uma maior concentração de quartzitos na sua parte central, os quais se destacam por sua granulometria fina, teor elevado de micas, estratificações cruzadas de pequeno porte e por vezes laminações cruzadas e laminações irregulares de corrente.

O Membro Caldeirões possui espessuras que podem oscilar de aproximadamente 100 a 200 metros, com predomínio de quartzitos geralmente ferruginosos, sobre os metaconglomerados polimíticos de matriz-suportados, porém com arranjo extremamente heterogêneo do ponto de vista litológico. As associações de rochas mais particularmente específica do Membro Caldeirões, correspondente à “ fácies conglomerática ” que foi definida por Schöll & Fogaça (1979), o conjunto engloba os metaconglomerados associados a estratos marcados por distintas variações de quartzitos, de granulometria variando de finos a grosseiros, podendo também serem puros, micáceos ou ferruginosos e, por vezes, filitos, metassiltitos e, em diferentes localidades, filitos hematíticos que se relacionam a xistos verdes, tanto na forma de diques como em níveis métricos intercalados nos quartzitos (estes últimos estudos em detalhe por Hoppe & Otto 1982). Filitos hematíticos são comuns, estes se apresentam na forma de corpos concordantes ou discordantes, de forma semelhante a corpos de xistos verdes. Apresentam estruturas sedimentares preservadas de diversos tipos, como estratificações cruzadas, que podem variar de médio a grande porte, incluindo tabulares, tangenciais e acanaladas. Dentre as estruturas presentes também é possível identificar marcas onduladas, tanto simétricas como assimétricas, com variados tamanhos e comprimentos de onda (Knauer 2007)

A unidade de topo da Formação Sopa-Brumadinho, Membro Campo Sampaio, descrito por Fogaça (1995) possui distribuição mais restrita e localizada, sua espessura pode variar entre 2 - 3 m a 50 m. Apresenta contatos gradacionais na parte inferior com as sequências do Membro Caldeirões, sendo reconhecido por um domínio de metapelitos e quartzitos finos mais para o topo. Intercalados neste conjunto, ocorrem corpos descontínuos de metabrechas diamantíferas de matriz filítica e seixos angulosos e centimétricos de quartzitos predominantemente ferruginosos e peculiarmente oxidados, com contatos bruscos e erosivos, horizontes métricos de até 3m (Fogaça 1995). O grau de preservação das estruturas

sedimentares é excelente nessa região, principalmente para as estruturas de pequeno porte como laminações plano-paralelas e cruzadas até marcas de onda, inclusive de interferência (Knauer & Grossi-Sad 1996a).

Formação Galho do Miguel

Constituída em 90% por quartzitos puros e finos a Formação Galho do Miguel (Martins-Neto 1998) é composta em outros 5 ou 10% de quartzitos finos micáceos e por finas intercalações de metargilitos acinzentados ou esverdeados. Graças à notável capacidade de preservação de estruturas nos quartzitos, pode-se identificar uma série de estruturas incluindo estratificações plano-paralelas e cruzadas, marcas onduladas também são comuns e o conjunto de características indica ambiente predominantemente eólico para sua deposição (Dossin *et al.* 1987). Tanto a Formação Galho do Miguel quanto o Grupo Conselheiro Mata, caracterizado por suas sequências metassedimentares, são representantes das unidades de provável idade mesoproterozoica.

Grupo Conselheiro Mata

O Grupo Conselheiro Mata é constituído por cinco formações, sendo na base por quartzitos, filitos e restritos metaconglomerados da Formação Santa Rita, que apresentam gradação vertical para quartzitos, com granulometria variando de fina a média, da Formação Córrego dos Borges que usualmente é identificada pela presença de intercalações de metabrechas quartzíticas e de metaconglomerados (Machado *et al.* 1989).

Na sequência, da base para o topo, temos a Formação Córrego da Bandeira, de base majoritariamente filítica/metassiltítica que grada verticalmente para topo quartzítico fino a médio, localmente feldspático, substituída gradacionalmente pelos quartzitos finos a médios da Formação Córrego Pereira (Knauer 2007).

A Formação Rio Pardo Grande aparece como unidade superior do Grupo Conselheiro Mata. A formação é composta por metassiltitos e metargilitos substituídos verticalmente por quartzitos finos e muito micáceos. Intercalações de finas rochas calcáreas expostas nestas seções superiores podem ser interpretadas como restos de esteiras algais (Knauer 2007).

3.1.3 ARCABOUÇO ESTRUTURAL

A forma estrutural da Serra do Espinhaço é creditada a um sistema de falhas inversas ou de empurrão/zonas de cisalhamento dúctil, quais os planos são caracterizados por direções majoritariamente meridianas e mergulhos considerados de moderados a altos para os quadrantes seguintes na direção leste. Tais planos partem blocos maiores identificados por amplas dobras, tanto abertas como fechadas, usualmente assimétricas, com eixos próximos a direção latitudinal. Devido a significativa inflexão para sudeste dos planos de falhas inversas nas áreas localizadas a sul de Diamantina, apresenta-se uma crescente importância de componentes sinistrais. A assembléia estrutural nas litologias do Supergrupo Espinhaço é, além de foco de diversos trabalhos, bastante rica e diversificada (p. ex. Schöll & Fogaça 1981; Herrgesell 1984; Kalt 1991).

De acordo com Knauer (2007), uma série de importantes características comumente semelhantes marca tanto as rochas do Supergrupo Espinhaço como aquelas relacionadas às unidades mais antigas (e mais novas):

I - Foliação predominantemente de origem milonítica com valores próximos a norte-sul, com mergulhos para os quadrantes leste;

II - Duas lineações de interseção tem presença constante, sendo uma de direção norte-sul (originada no plano axial de dobras abertas), e que representa clivagem com altos mergulhos, e outra de direções próximas a leste-oeste;

III - Lineação de estiramento mineral, com direções em torno de $S75^{\circ}-85^{\circ}E$, paralela ao estiramento dos seixos de metaconglomerados;

IV - Constante assimetria de elementos, incluindo foliação “S/C”, sombras de pressão, veios boudinados.

Considerando os aspectos analisados, em conjunto com a estruturação regional, a ocorrência de evento(s) deformacional(ais) marcado(s) por grande(s) transporte(s) de massa aproximadamente de leste para oeste é fortemente indicada. Os mergulhos das foliações miloníticas evidenciam a prevalência de movimentos próximos à horizontalidade, com a natureza heterogênea da deformação e o caráter não coaxial (Knauer 2007).

Dentre as áreas e afloramentos que foram afetados por deformações de baixo grau, uma estrutura planar se destaca nos quartzitos do Supergrupo Espinhaço, tendo sido designada S* (Knauer 1990). A estrutura apresenta-se constantemente paralela ao plano da estrutura sedimentar onde se ressalta, ou o

acamamento, ou os planos de estratificação cruzada. A correlação feita por Uhlhein (1984) entre os planos de “minerais planares orientados” paralelos ao acamamento e o plano axial de minidobras isoclinais deitadas a recumbentes, pode ser descaracterizada, uma vez que uma origem não tectônica, ligada a processos deposicionais e/ou diagenéticos é aqui assumida. Esta “foliação” paralela ao acamamento é independente em relação à “foliação” paralela aos planos de estratificação cruzada.

A principal foliação observada, presente em parcela dos quartzitos e metaconglomerados representantes da unidade, com predomínio de valores próximos a norte-sul, é facilmente identificável nas litologias de origem pelítica também. Na região de Diamantina apresenta mergulhos de valores moderados a altos para o quadrante leste, uma vez que ocorre na direção preferencial normalmente entre N05°W e N15°E, e que se mostram mais suaves quando se avança na direção da região sul da serra. Apresenta aspecto anastomosado em diferentes escalas, a presença local de estruturas do tipo “S/C” e a ocorrência de “boudinage” de foliação em filitos têm sido empregados como fundamentos para a definição de uma origem milonítica. A forte inflexão para SE no sul da serra se reflete na orientação preferencial de parte destas estruturas. O terceiro elemento planar (Sn+1) é representado por uma clivagem (de fratura ou ardosiana), e que localmente evolui para uma xistosidade (Knauer 1999).

3.1.4 DEPÓSITOS ALUVIONARES

A composição e origem dos depósitos de aluvião de todo o mundo, que contém minerais do grupo da platina (PGM) foram revisadas por Cabri et al. (1996) e Weiser (2002). A conclusão obtida por estes autores é a seguinte: a origem das pepitas de PGM em depósitos de aluvião e em lateritas apresenta considerável controvérsia. A opinião majoritária dos estudiosos do tema defende que as pepitas são primárias formadas nos estágios magmáticos ou pós-magmáticos, que, posteriormente, foram liberadas de sua rocha hospedeira primário - em decorrência de processos intempéricos - e depositadas em *placers* (p. ex. Cabri e Harris 1975; Slansky *et al.* 1991; Hattori e Cabri, 1992; Cabri *et al.*, 1996; Weiser 2002; Hattori *et al.*, 2004;).

Em contrapartida, a outra vertente dos estudiosos defende que as pepitas PMG são autigênicas, formadas durante o processo de intemperismo, com ênfase na lateritização, por processos secundários, como remobilização, reabsorção parcial e biogênese (p. ex. Hussak, 1904; Bowles, 1986, Cabral *et al.*, 2009, 2011; Reith *et al.*, 2016; Bowles *et al.*, 2017)

Para encontrar a fonte de os PGMs do depósito do Córrego Bom Sucesso, foram tentadas

correlações entre os PGMs aluviais e as lentes de cromitita da Serra, porém, não houve sucesso. Também foram observadas as rochas localizadas à montante do Córrego do Bom Sucesso (quartzitos, conglomerados e rochas intemperizadas), para as rochas geradoras dos depósitos de *placer*, mas ainda não foram identificados PGMs (Fleet *et al.* 2002).

3.2 MINA CAUÊ

3.2.1 INTRODUÇÃO

Localizado na borda sul do Cráton São Francisco, possuindo cerca de 7.000 km² 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).

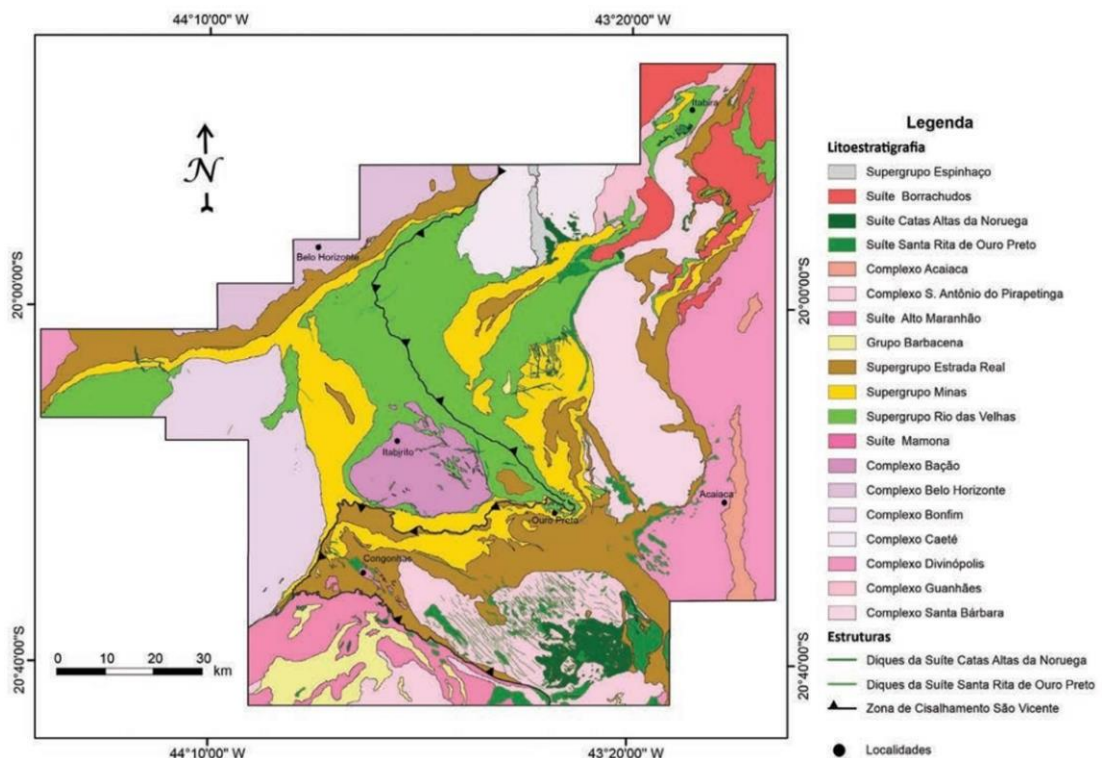


Figura 3.2.1: Mapa geológico simplificado do Quadrilátero Ferrífero (Endo *et al.* 2019a)

Devido a seus valiosos depósitos metalogenéticos associados à sua complexidade geológica, o Quadrilátero Ferrífero 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).

3.2.2 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-paleoproterozoicas do Supergrupo Minas e do Grupo Itacolomi (Farina *et al.* 2015). A Figura 3.2.2 apresenta a coluna estratigráfica proposta pelos autores.

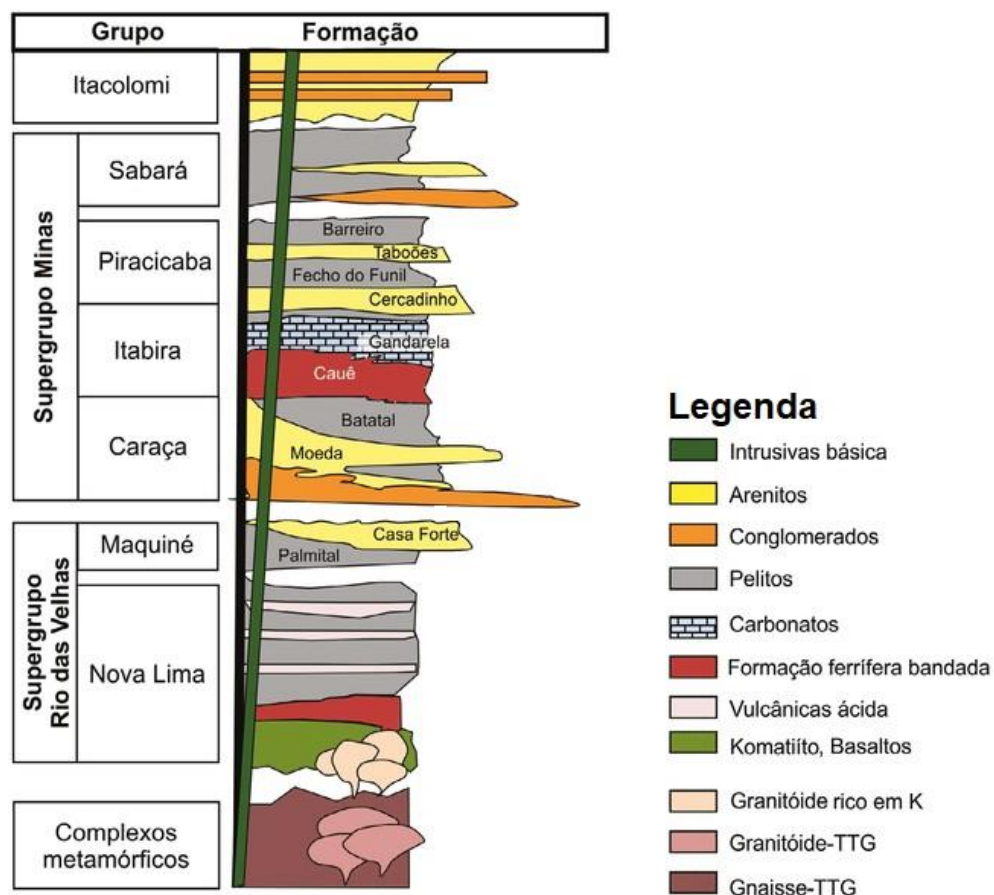


Figura 3.2.2: Coluna estratigráfica do Quadrilátero Ferrífero. Modificado de Dorr (1969), Alkmim e Marshak (1998), e Farina *et al.* (2016)

3.2.2.1 Complexos Metamórficos

De acordo com Herz (1970), os terrenos granito-gnáissicos do Quadrilátero Ferrífero compreendem complexos metamórficos (Belo Horizonte, Caeté, Santa Bárbara e Baçã) constituídos por ortognaisses – do tipo Tonalito-Trondhjemito-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).

3.2.2.2 Supergrupo Rio das Velhas

O Supergrupo Rio das Velhas foi originalmente proposto como “Série Rio das Velhas” (Dorr *et al.* 1957). O termo para designá-lo atualmente foi definido por Loczy & Ladeira (1976) para denominar as rochas metavulcanossedimentares que limitam os terrenos gnáissicos do Quadrilátero Ferrífero. A arquitetura “*greenstone belt* arqueana” é reconhecida por Almeida (1976) e se caracteriza essencialmente por associações entre rochas máficas e ultramáficas, vulcânicas e vulcanoclásticas, além de sedimentos clásticos imaturos.

Dorr (1969), propôs inicialmente a divisão do Supergrupo Rio das Velhas em Grupo Nova Lima e Grupo Maquiné, sendo o primeiro a unidade basal e o segundo a unidade sobreposta. O mapeamento do *greenstone belt* Rio das Velhas realizado pela CPRM subdividiu os dois grupos em unidade informais tendo como base o 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).

Grupo Nova Lima

Baseando-se nas distribuições dos distritos auríferos, foi proposto por Ladeira (1980) e Oliveira *et al.* (1983) uma série de subdivisões informais das rochas do Grupo Nova Lima. Posteriormente, Baltazar & Pedreira (1996; 1998) subdividiram o grupo em cinco litofácies geneticamente relacionadas. Afinal Baltazar & Zucchetti (2007) estabeleceram uma nova subdivisão para o grupo, reconhecendo sete diferentes litofácies sedimentares (Eriksson *et al.* 1994), sendo elas, da base para o topo:

(i) Associação de litofácies vulcânica máfica-ultramáfica: Associação composta por lavas máficas-ultramáficas, com pequenas intrusões de gabro, anortosito e peridotito, e intercalações de formação ferrífera bandada (BIF), chert ferruginoso, pelito carbonoso, turbiditos e raras rochas vulcanoclásticas félsicas;

(ii) Associação de litofácies sedimentar vulcano-química: Associação é composta de basaltos tholeíticos intercalados com BIF's abundantes e chert ferruginoso, e rochas sedimentares menos finas e clásticas, como turbiditos carbonosos e pelitos; pelitos intercalados com rochas sedimentares químicas.

(iii) Associação de litofácies sedimentares clasto-químicos: Esta associação é tipificada por rochas sedimentares finas, clásticas e químicas alternadas. Pelitos (xistos micáceos e cloríticos) são intercalados com BIF's em menor escala e chert e xistos subordinado e xistos carbonosos subordinados.

(iv) Associação de litofácies vulcânicas: esta associação é composta de rochas vulcânicas felsicas e máficas. Apresenta lentes dacíticas subordinadas que são tectonicamente intercaladas com fluxos basálticos;

(v) Associação de litofácies ressedimentadas: Esta associação é amplamente distribuída no QF e inclui três seqüências diferentes de grauvaque-argilito, duas metamorfisadas nas fácies xisto verde e uma nas fácies anfíbolito.

(vi) Associação de litofácies costeiras: esta associação é restrita a uma pequena área a noroeste do complexo do Bação, e combina quatro litofácies de arenito diferentes: arenito com acamamento cruzado de média a grande escala; arenito com marcas de onda; arenito com acamamento cruzado herringbone, e arenito-silte.

(vii) Associação de litofácies não marinhas: esta associação corresponde à Formação Casa Forte do Grupo Maquiné, e ocorre nos setores central e oriental da QF. É composto pelas litofácies: arenito-conglomerado; arenito de grosseiro e arenito fino a médio.

Grupo Maquiné

O Grupo Maquiné, que se sobrepõe ao Grupo Nova Lima, representa uma associação clástica com cerca de 2.000 metros de espessura, compondo-se de conglomerados e arenitos. O contato entre os dois grupos ocorre ora de forma gradacional, ora segundo uma descontinuidade angular e, ora marcado por zonas de falhas (Dorr 1969).

Este grupo pode ser subdividido em duas principais formações: Formação Palmital (O'Rourke 1957), basal, e a Formação Casa Forte (Gair 1962). Conforme Baltazar & Zucchetti (2000), estas são constituídas, respectivamente, por quartzo-mica xisto com intercalações de quartzito micáceo e horizontes subordinados de metaconglomerado polimítico, exibindo características de sedimentação em ambiente marinho; e por quartzito sericítico com intercalações de metaconglomerado polimítico e horizontes xistosos com cloritóide, cuja interpretação aponta para uma deposição em ambiente fluvial, do tipo rio entrelaçado (Baltazar & Zucchetti 2000; Farina *et al.* 2015).

Segundo Baltazar & Zucchetti (2007), em decorrência da discordância entre a Formação Palmital e o Grupo Nova Lima, há uma associação entre as rochas pertencentes ao Grupo Maquiné à unidade clástica superior, litofácies (vii), cuja composição é uma associação não-marinha, definida no Grupo Nova Lima. Os autores também demonstram em sua obra que os sedimentos do grupo possuem fonte mista, com contribuição relevante das rochas vulcânicas félsicas do *greenstone belt* Rio das Velhas e da crosta arqueana retrabalhada.

3.2.2.3 Supergrupo Minas

O Supergrupo Minas é classificado como uma sequência metassedimentar de idade paleoproterozoica (Machado *et al.* 1996; Babinski *et al.* 1991), ocorrida sobre as unidades do Supergrupo Rio das Velhas e dos terrenos granito-gnássicos arqueanos em nítida discordância erosiva (Dorr 1969; Ladeira & Viveiros 1984).

É possível dividir o Supergrupo Minas, em duas sequências sedimentares, separadas por uma discordância regional (Alkmim & Martins-Neto 2012). Enquanto a sequência basal é composta por sedimentos continentais marinhos (Dorr 1969; Renger *et al.* 1995) e retrata o estágio de desenvolvimento de margem passiva (Schorscher 1992; Canuto 2010), o Grupo Sabará posto à sequência basal, é interpretado como um depósito de fan-submarino, marcando a inversão da margem passiva (Alkmim & Marshak 1998).

Ao analisar a composição do Supergrupo em questão, observa-se que ele é constituído por quatro unidades sedimentares (Renger *et al.* 1994; Alkmim & Marshak 1998). São elas, da base para o topo:

- (i) clástica (Grupos Tamanduá e Caraça);
- (ii) rochas químicas, com carbonados e formações ferríferas (Grupo Itabira);
- (iii) metassedimentos clásticos com rochas metassedimentares químicas subordinadas (Grupo Piracicaba);
- (iv) sequência do tipo *Flysch* (grupo Sabará)

No que tange à metalogenia do Supergrupo Minas, observa-se a presença de importantes depósitos auríferos, além de jazidas de ferro e manganês (Rossi 2010). Estes depósitos ocorrem de três maneiras, segundo Lobato *et al.* (2001a):

- (i) sistemas de fraturas associados às falhas transcorrentes que cortam as rochas do Grupo Itabira,

conhecidos como jacutinga;

(ii) veios de quartzo localizados no contato entre as rochas do Grupo Caraça e do Supergrupo Rio das Velhas;

(iii) metaconglomerados do tipo Witwatersrand da Formação Moeda.

Grupos Tamanduá e Caraça

Consistidos de metassedimentos depositados em ambiente fluvial e marinho de águas rasas, as unidades basais do Supergrupo Minas são representantes das fases rifte e transacional do estágio de desenvolvimento de uma bacia de margem passiva (Renger *et al.* 1994; Alkmim & Marshak 1998). O processo de rifteamento tem como marco inicial a deposição do Grupo Tamanduá e da unidade basal do Grupo Caraça, a Formação Moeda (Dorr 1969).

A assembléia litológica do Grupo Tamanduá, aflorante em pequenas e descontínuas áreas, compreende, majoritariamente, xistos quartzosos, xistos argilosos e, subordinadamente, itabiritos dolomíticos e filíticos (Dorr 1969), e o contato com o Grupo Maquiné ocorre por uma descontinuidade erosiva.

A composição do Grupo Caraça consiste nas Formações Moeda e Batatal, classificado como um depósito representante do tipo *blanket*, isto é, um depósito cuja a extensão lateral supera a espessura, além de estar em contato com rochas do *greenstone* através de uma discordância angular erosiva (Dorr 1969).

A Formação Moeda é composta por ortoquartzitos, conglomerados com pirita detrítica, filitos, sericita quartzitos e filitos quartzosos (Schorscher 1992). Segundo Vilaça (1981) e Canuto (2010), representa um sistema deposicional de rios entrelaçados, localmente alternados com depósitos deltaicos e de praia, bem como finos depósitos formados durante transgressões marinhas.

A deposição da Formação Batatal marca o término do ciclo de sedimentação do Grupo Caraça (Dorr 1969). O contato com a Formação Moeda ocorre de maneira repentina, em sua maioria, apesar de, localmente, ser possível encontrar unidades de contato intergradacional (Wallace 1965)

Por fim, segundo Shorscher (1992), tem-se que a assembléia litológica de Formação Batatal engloba filitos, filitos grafitosos, metachert e itabiritos. Sua sedimentação é reflexo da transição do sistema deposicional fluvial para marinho a marinho costeiro (Moraes 1985), marcando a passagem do período de abertura do rifte para o estágio de margem passiva (Alkmim & Marshak 1998).

Grupo Itabira

A ocorrência das rochas do Grupo Itabira se dá de forma intercalada aos metapelitos da Formação Batatal, sinalizando um período de sedimentação química rica em ferro, no decorrer de uma ampla transgressão marinha (Dorr 1969). As rochas deste Grupo apontam o desenvolvimento completo de uma bacia de margem passiva pela extensão da borda sul do antigo Cráton São Francisco (Alkmim & Marshak 1998). Segundo Dorr (1969) e Babinski *et al.* (1995), o evento de transgressão marinha resultou na acumulação de depósitos de formação ferrífera da Formação Cauê e, mais tarde, dos carbonatos ricos em estromatólitos da Formação Gandarela.

A base do Grupo Itabira – a Formação Cauê - é caracterizada por formações ferríferas bandadas, dolomíticas e anfíbolíticas, do tipo Lago Superior, corpos hematíticos compactos e filitos (Babinski *et al.* 1995). A Formação Cauê é, em aspectos econômicos, a unidade mais relevante do Quadrilátero Ferrífero, uma vez que hospeda depósitos de hematita de classe mundial, gerando uma produção anual superior a 180 Mt (Rosière *et al.* 2008), além de abrigar mineralizações de ouro paladiado, amplamente conhecidas como jacutinga (Rossi 2010).

Já a constituição do topo do Grupo Itabira – a Formação Gandarela - é, majoritariamente, de rochas carbonáticas depositadas em ambiente de águas rasas (Babinski *et al.* 1995), dolomitos, calcários, filitos carbonáticos e dolomitos ricos em ferro que preservam estruturas astromatólicas (Souza & Müller 1984). Ademais, o contato basal com a Formação Cauê ocorre conforme uma zona transicional, de, aproximadamente, dez metros de espessura (Dorr 1969).

Grupo Piracicaba

As rochas do Grupo Itabira são recobertas pelos sedimentos deltaicos e de águas rasas do Grupo Piracicaba, conforme uma descontinuidade local (Alkmim & Marshak 1998). Este Grupo representa uma sequência majoritariamente clástica, onde, gradativamente, observa-se a presença de sedimentos marinhos de águas rasas para marinho de águas profundas (Dorr 1969; Renger *et al.* 1994). Ainda segundo Renger *et al.* (1994), sua deposição acontece após emersão e erosão de parte do Grupo Itabira.

O Grupo Piracicaba pode ser subdividido em quatro formações:

I) Formação Cercadinho: compreende quartzitos, quartzitos ricos em hematita, filitos prateados, filitos ricos em ferro e dolomitos (Simmons 1968; Dorr 1969)

II) Formação Fecho-do-Funil: composta por filitos, siltitos e dolomitos (Simmons 1968)

III) Formação Taboões: composta, predominantemente, por quartzitos que apresentam níveis argilosos, siltíticos e dolomíticos em sua base (Simmons 1968)

IV) Formação Barreiro: composta por filitos carbonáticos intercalados com filitos avermelhados, arroxeados e amarronzados. (Simmons 1968)

Grupo Sabará

O Grupo Sabará (Barbosa 1968), anteriormente conhecida como Formação Sabará (Gair 1958), possui cerca de 3.500m de espessura, e sua composição é de turbiditos, grauvacas, conglomerados e diamictitos, intercalados com sedimentos químicos e rochas vulcânicas, representando uma sedimentação sin-orogênica (Dorr 1969; Renger *et al.* 1994)

Segundo Alkmim & Martins-Neto (2012), o Grupo Sabará é um depósito de fan-submarino, turbidítico cuja formação remonta à inversão da margem passiva do Supergrupo Minas. Os sedimentos do Grupo Sabará são derivados de terrenos arqueanos, riacianos, orosirianos exumados, granitoides posicionados ao sul e a leste do Quadrilátero Ferrífero.

Grupo Itacolomi

O Grupo Itacolomi é a unidade mais recente da sequência supracrustal do Quadrilátero Ferrífero, sendo caracterizado por uma pilha de sedimentos aluviais de cerca de 2.000m de espessura, que se sobrepõe ao Supergrupo Minas por uma descontinuidade regional (Alkmim & Martins-Neto 2012).

Em termos litológicos, sua consistência é de metarenitos, metaconglomerados e, subordinadamente, filitos (Dorr 1969). Dorr (1969) ainda propõe que a dimensão do evento erosivo é evidenciada por metaconglomerados polimíticos contendo clastos de quartzito, itabirito e rochas graníticas, localizados na base do grupo. Além disso, a intercalação entre depósitos marinhos e continentais é sugerida por estruturas sedimentares primárias, tais como, marcas de onda, estratificações cruzadas e mudanças laterais abruptas nas fácies sedimentares (Farina *et al.* 2015)

Interpreta-se o Grupo Itacolomi como um depósito de molassa, cujo desenvolvimento se deu na margem do núcleo arqueano do Cráton São Francisco, sedimentado em grábens, no decurso da fase de colapso da orogênese riaciana (Marshak *et al.* 1992; Alkmim & Marshak 1998; Alkmim & Martins-Neto 2012).

3.2.3 DEPÓSITOS DO TIPO JACUTINGA

Em linhas gerais, a composição mineralógica dos depósitos de jacutinga apresenta, majoritariamente, ouro livre, ouro paladiado, paládio nativo, minerais do grupo da platina, bem como se verifica a ausência de sulfetos. A assembleia mineral relacionada no caso analisado, é 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 comumente encontrados (Olivo *et al.* 1994; Olivo & Gauthier 1995; Cabral 1996; Olivo & Gammons 1996; Olivo *et al.* 1995, 2001; Galbiatti *et al.* 2007).

A ocorrência de depósitos do tipo jacutinga se dá em meio a formações ferríferas. Determinada por Harder & Chamberlain (1915), a distribuição da mineralização dentro da formação ferrífera é classificada como errática, isto é, alternando entre regiões com pouco ou nenhum ouro e “bolsões amplamente enriquecidos”. Já Hussak (1906), Olivo *et al.* (1994, 1995), Cabral (1996), Galbiatti (1999), e Galbiatti *et al.* (2007) apontam que o minério ocorre estruturalmente controlado. Os corpos mineralizados estariam relacionados a estruturas dúcteis, como lineação de estiramento mineral e eixos de dobras, ocorrendo em paralelo à foliação. Outros estudos afirmam que os corpos mineralizados ocorrem em veios que truncam a foliação tectônica do itabirito, sendo, nesse caso, controladas por estruturas rúpteis como sistema de fraturas (Cabral 1996; Galbiatti 1999; Galbiatti *et al.* 2007). Por fim, trabalhos mais recentes (Olivo *et al.* 1995, 2011; Cabral *et al.* 2015) consideram a jacutinga como um depósito hidrotermal, que surge em condições de alta fugacidade de oxigênio, com dois pulsos hidrotermais: o primeiro concomitante ao evento deformacional, enquanto o segundo, através da passagem de fluidos hidrotermais tardios.

CAPÍTULO 4

RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Neste Capítulo são apresentados os resultados obtidos no decorrer do trabalho experimental, e em seguida sua interpretação. Os resultados são apresentados em tabelas, gráficos e imagens, de modo a proporcionar uma maior facilidade de leitura e análise. Ao comparar os resultados das análises com a base de dados do site *mindat.org*, é possível identificar o nome do mineral para discussão dos resultados.

4.2 AMOSTRA DO CÓRREGO BOM SUCESSO

4.2.1 MEV/AMOSTRA PGE-04

Áreas da amostra foram submetidas à observação através do Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV), Figura 4.2.1.1. Destas, foram selecionados quatro pontos para serem analisados de forma mais aprofundada: *spectrum 10*; *spectrum 11*; *spectrum 12*; e *spectrum 13*. Pela observação da imagem, percebe-se a diferença de tons de cinza, em que cada tom corresponde a uma diferente massa atômica. Para possibilitar o reconhecimento das diferentes fases minerais, fez-se necessário aumentar o contraste da imagem.

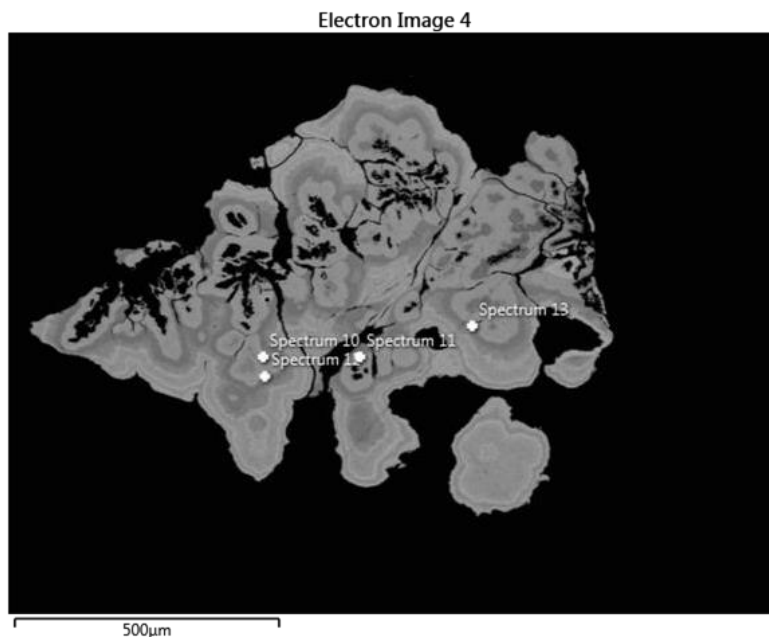


Figura 4.2.1.1: Imagem por MEV da amostra PGE-04.

Com a observação no espectrômetro - que detecta a energia emitida pela amostra - verificou-se que nos *spectrums* 10 e 11 são observados picos característicos, que indicam a presença de elementos como Pt, Pd e Hg, como mostrado na Figura 4.2.1.2. A partir da composição mineralógica obtida, restou demonstrado que o mineral é compatível com a fórmula Pd₄Pt₃Hg.

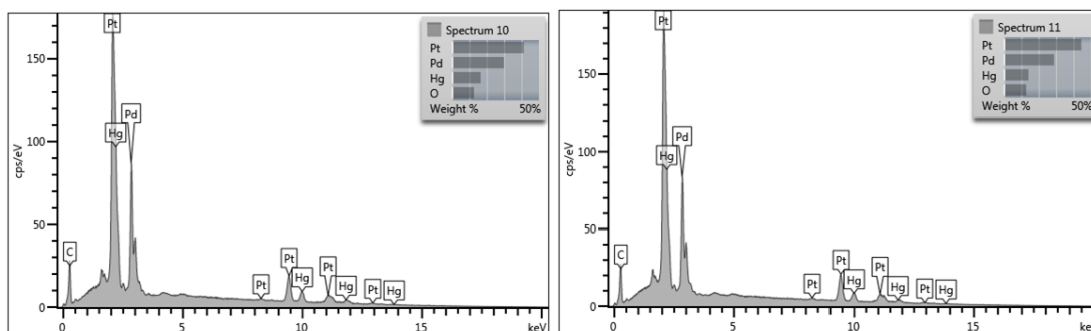


Figura 4.2.1.2: Espectro da amostra PGE-04 no ponto 10 e 11.

Com a observação no espectrômetro - que detecta a energia emitida pela amostra - verificou-se que nos *spectrums* 12 e 13 são observados picos característicos, que indicam a presença de elementos como Pt e Pd, como mostrado na Figura Figura 4.2.1.3. A partir da composição mineralógica obtida, ficou

demonstrado que o mineral é compatível com a fórmula PdPt.

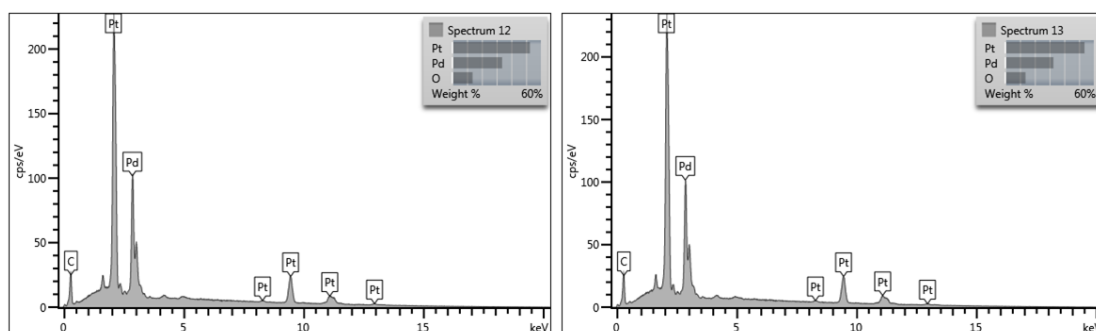


Figura 4.2.1.3: Espectro da amostra PGE-04 no ponto 12 e 13.

Os resultados apresentados na Tabela 4.2.1 permitem, de forma mais objetiva, o exame dos teores de cada elemento químico predominante em cada ponto analisado no MEV, e o percentual relativo dos elementos componentes da amostra, obtendo-se uma conclusão acerca da composição de cada uma das áreas demarcadas.

Tabela 4.2.1: Distribuição de teores da amostra PGE-04.

Ponto:	<i>Spectrum 10</i>	<i>Spectrum 11</i>	<i>Spectrum 12</i>	<i>Spectrum 13</i>
Pd	34,37	33,11	38,79	37,5
Pt	47,97	51,79	61,21	62,5
Hg	17,66	15,1	-	-
Total	100	100,1	100	100
Mineral:	Pd ₄ Pt ₃ Hg	Pd ₅ Pt ₄ Hg	PdPt	PdPt

4.2.2 MEV/AMOSTRA PGE-05

Áreas da amostra foram submetidas à observação através do Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV), Figura 4.2.2.1. Destas, foram selecionados quatro pontos para serem analisados de forma mais aprofundada: *spectrum 21*; *spectrum 22*; *spectrum 23*; e *spectrum 24*. Pela observação da imagem, percebe-se a diferença de tons de cinza, em que cada tom corresponde a uma diferente massa atômica. Para possibilitar o reconhecimento das diferentes fases minerais, fez-se necessário aumentar o contraste

da imagem.

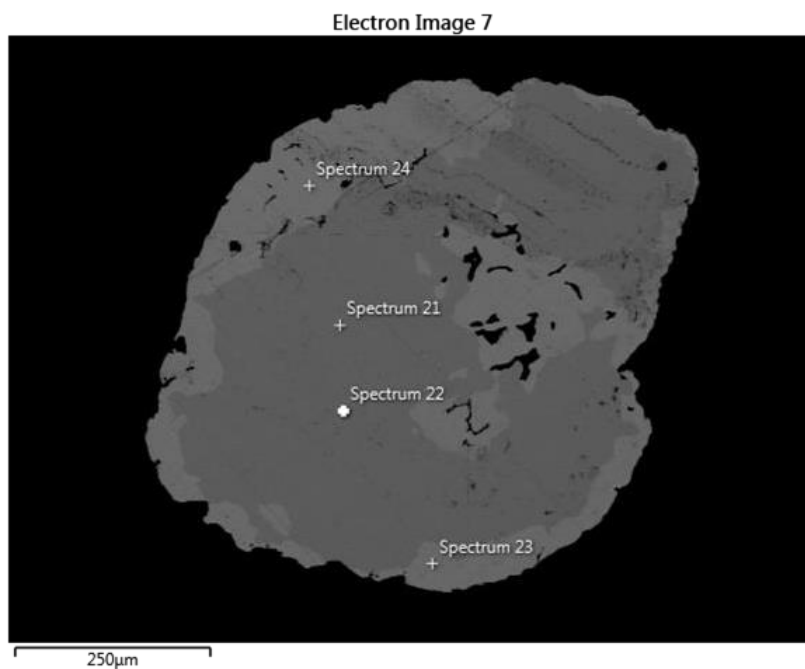


Figura 4.2.2.1: Imagem por MEV da amostra PGE-05.

Com a observação no espectrômetro - que detecta a energia emitida pela amostra - verificou-se que nos *spectrums* 10 e 11 são observados picos característicos, que indicam a presença de elementos como Pt, Pd e Hg, como mostrado na Figura 4.2.2.2. A partir da composição mineralógica obtida, restou demonstrado que o mineral é compatível com $AgAu_3$

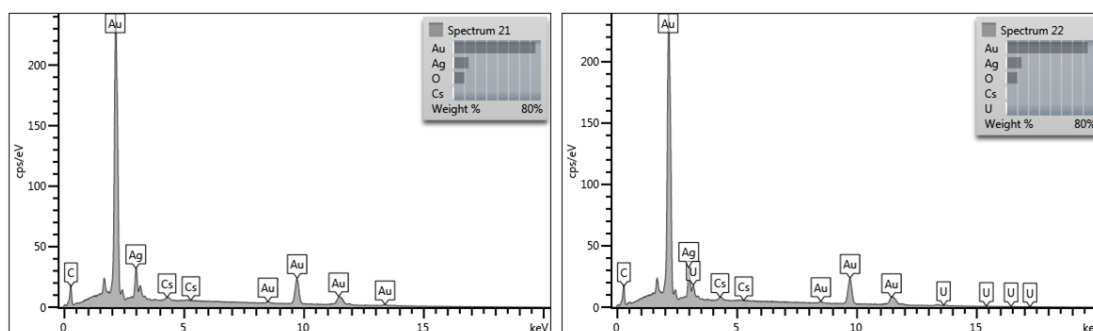


Figura 4.2.2.2: Espectro da amostra PGE-05 no ponto 21 e 22.

Com a observação no espectrômetro - que detecta a energia emitida pela amostra - verificou-se

que no *spectrum* 23 são observados picos característicos, que indicam a presença de elementos como Au e Pt, como mostrado na Figura 4.2.2.3. A partir da composição mineralógica obtida, restou demonstrado que o mineral é compatível com o mineral ouro e fórmula $Au_{0,97}Pt_{0,03}$.

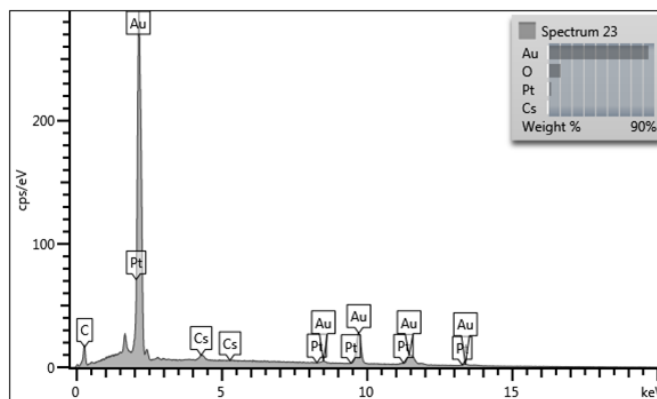


Figura 4.2.2.3: Espectro da amostra PGE-05 no ponto 23.

Com a observação no espectrômetro - que detecta a energia emitida pela amostra - verificou-se que no *spectrum* 24 são observados picos característicos, que indicam a presença de elementos como Au, como mostrado na Figura 4.2.2.4. A partir da composição mineralógica obtida, restou demonstrado que o mineral é compatível com ouro.

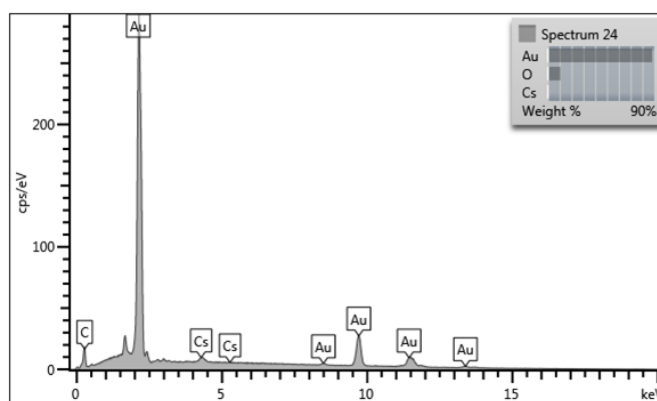


Figura 4.2.2.4: Espectro da amostra PGE-05 no ponto 24.

Os resultados exibidos na Tabela 4.2.2 são uma forma mais simplificada de analisar os teores de cada ponto dos elementos químicos predominantes obtidos do MEV e as porcentagens relativas dos respectivos compostos na amostra, podendo observar a composição de cada área demarcada.

Tabela 4.2.2: Distribuição de teores da amostra PGE-05

Ponto	<i>Spectrum 24</i>	<i>Spectrum 21</i>	<i>Spectrum 22</i>	<i>Spectrum 23</i>
Ag	-	15,14	15,19	-
Pt	-	-	-	3,32
Au	100	84,86	84,81	96,68
Total	100	100	100	100
Mineral	Au	AgAu ₃	AgAu ₃	Au _{0,97} Pt _{0,03}

4.2.3 MEV/AMOSTRA PGE-09

Áreas da amostra foram submetidas à observação através do Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV), Figura 4.2.3.1. Destas, foram selecionados dois pontos para serem analisados de forma mais aprofundada: *spectrum 25* e *spectrum 26*. Pela observação da imagem, percebe-se a diferença de tons de cinza, em que cada tom corresponde a uma diferente massa atômica. Para possibilitar o reconhecimento das diferentes fases minerais, fez-se necessário aumentar o contraste da imagem.

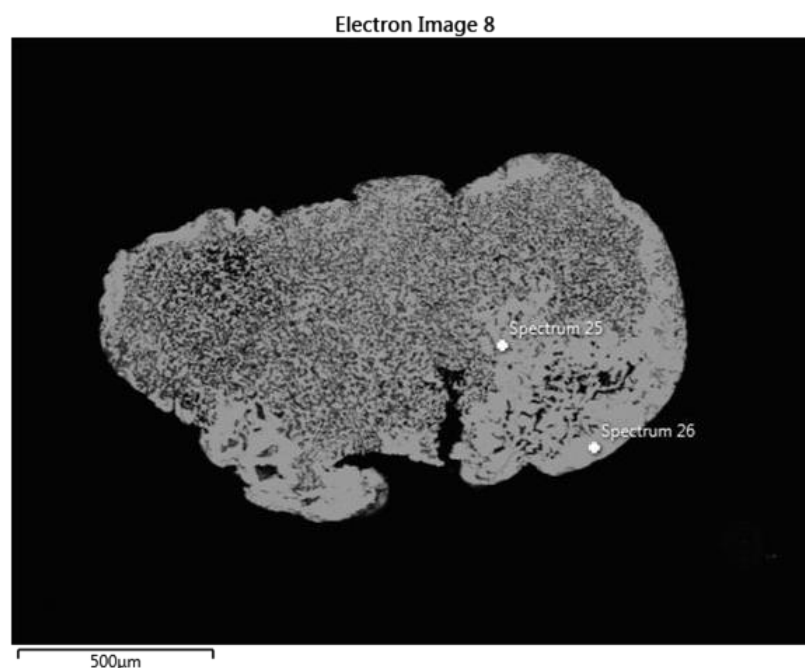


Figura 4.2.3.1: Imagem por MEV da amostra PGE-09.

No ponto *spectrum 25* e *spectrum 26*, foi observado no espectrômetro, que detecta a energia emitida, picos característicos de alguns elementos como Au e Pd, como apresentado na Figura 4.2.3.2. Com base na composição mineralógica obtida, o mineral é compatível com Ouro.

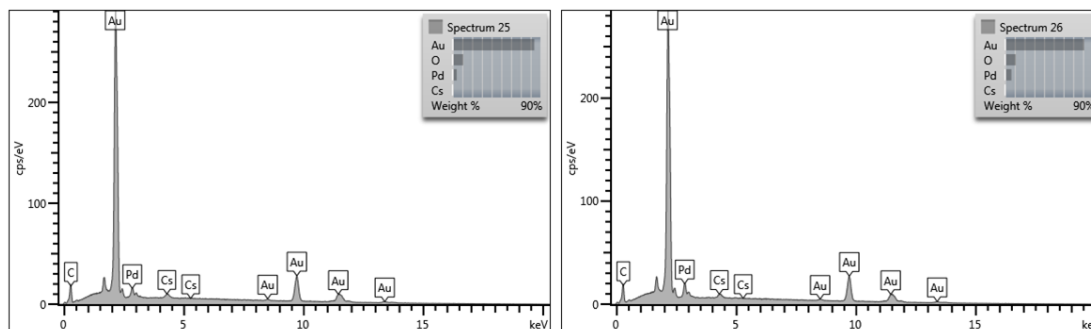


Figura 4.2.3.2: Espectro da amostra PGE-09 no ponto 12 e 13.

Os resultados exibidos na Tabela 4.2.3 são uma forma mais simplificada de analisar os teores de cada ponto dos elementos químicos predominantes obtidos do MEV e as porcentagens relativas dos respectivos compostos na amostra, podendo observar a composição de cada área demarcada.

Tabela 4.2.3: Distribuição de teores da amostra PGE-09.

Ponto	<i>Spectrum 26</i>	<i>Spectrum 25</i>
Pd	7,64	4,92
Au	92,36	95,08
Total	100	100
Mineral	$Au_{0,87}Pd_{0,13}$	$Au_{0,91}Pd_{0,09}$

4.2.4 MEV/AMOSTRA PGE-18

Áreas da amostra foram submetidas à observação através do Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV), Figura 4.2.4.1. Destas, foram selecionados quatro pontos para serem analisados de forma mais

aprofundada: *spectrum 61*; *spectrum 62*; *spectrum 63*; e *spectrum 64*. Pela observação da imagem, percebe-se a diferença de tons de cinza, em que cada tom corresponde a uma diferente massa atômica. Para possibilitar o reconhecimento das diferentes fases minerais, fez-se necessário aumentar o contraste da imagem.

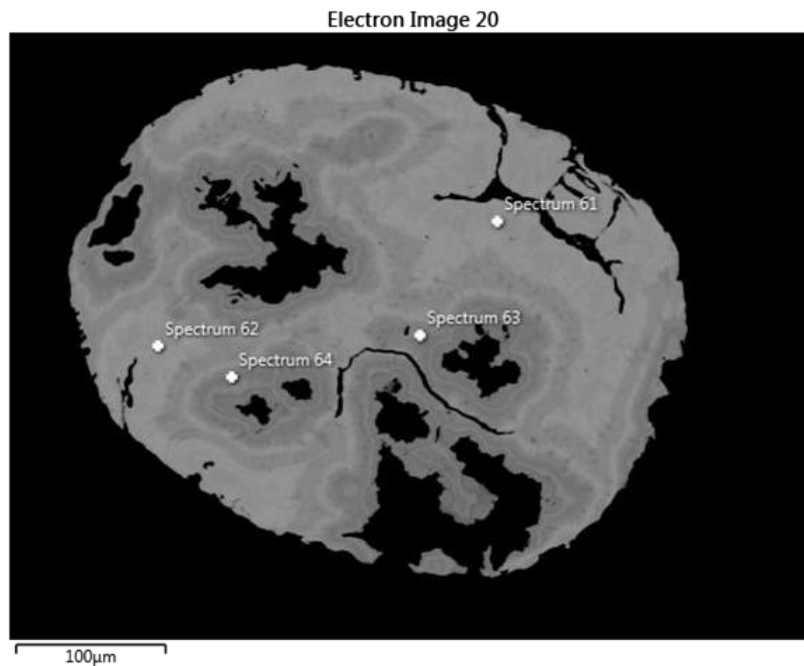


Figura 4.2.4.1: Imagem por MEV da amostra PGE-18.

No ponto *spectrum 61* e *spectrum 62*, foi observado no espectrômetro, que detecta a energia emitida, picos característicos de alguns elementos como Pt, Pd, como apresentado na Figura 4.2.4.2. Com base na composição mineralógica obtida, o mineral é compatível com Pt_3Pd .

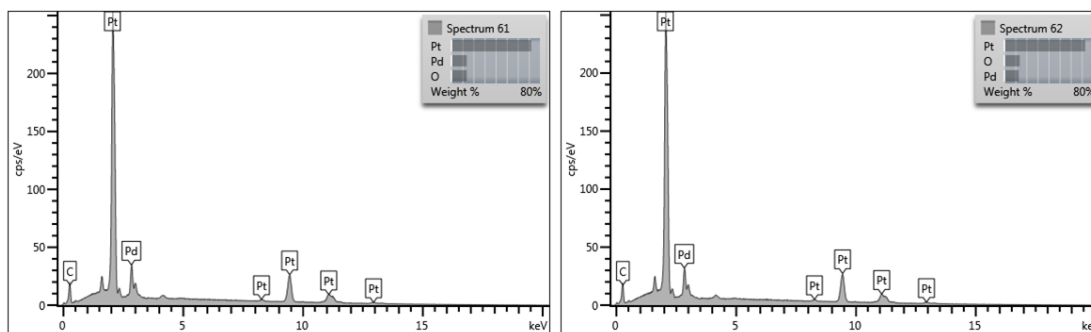


Figura 4.2.4.2: Espectro da amostra PGE-18 no ponto 61 e 62

No ponto *spectrum* 63, foi observado no espectrômetro, que detecta a energia emitida, picos característicos de alguns elementos como Pt, Pd, como apresentado na Figura 4.2.4.3. Com base na composição mineralógica obtida, o mineral é compatível com Pt₅Pd₄.

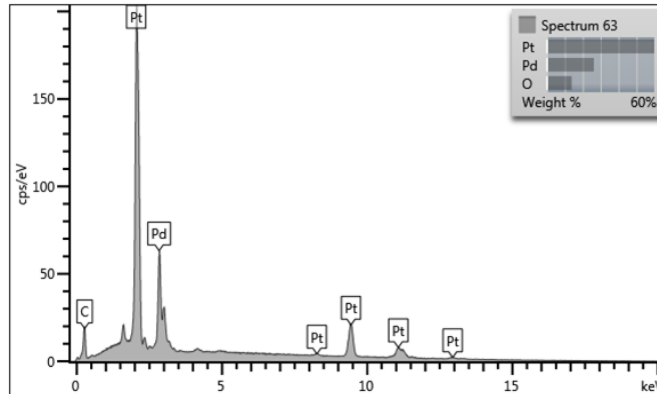


Figura 4.2.4.3: Espectro da amostra PGE-18 no ponto 63

No ponto *spectrum* 64, foi observado no espectrômetro, que detecta a energia emitida, picos característicos de alguns elementos como Pt, Pd, como apresentado na Figura 4.2.4.4. Com base na composição mineralógica obtida, o mineral é compatível com Pt₅Pd₄.

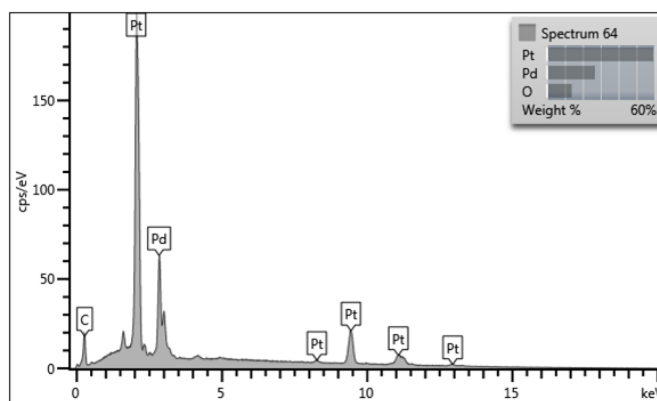


Figura 4.2.4.4: Espectro da amostra PGE-18 no ponto 64

Os resultados exibidos na Tabela 4.2.4 são uma forma mais simplificada de analisar os teores de cada ponto dos elementos químicos predominantes obtidos do MEV e as porcentagens relativas dos respectivos compostos na amostra, podendo observar a composição de cada área demarcada.

Tabela 4.2.4: Distribuição de teores da amostra PGE-18

Ponto	<i>Spectrum 64</i>	<i>Spectrum 61</i>	<i>Spectrum 62</i>	<i>Spectrum 63</i>
Pd	30,86	16,1	14,93	30,22
Pt	69,14	83,9	85,07	69,78
Total	100	100	100	100
Mineral	Pt ₅ Pd ₄	Pt ₃ Pd	Pt ₃ Pd	Pt ₅ Pd ₄

4.2.5 MEV/AMOSTRA PGE-23

Áreas da amostra foram submetidas à observação através do Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV), Figura 4.2.5.1. Destas, foram selecionados dois pontos para serem analisados de forma mais aprofundada: *spectrum 20*; *spectrum 21*. Pela observação da imagem, percebe-se a diferença de tons de cinza, em que cada tom corresponde a uma diferente massa atômica. Para possibilitar o reconhecimento das diferentes fases minerais, fez-se necessário aumentar o contraste da imagem.

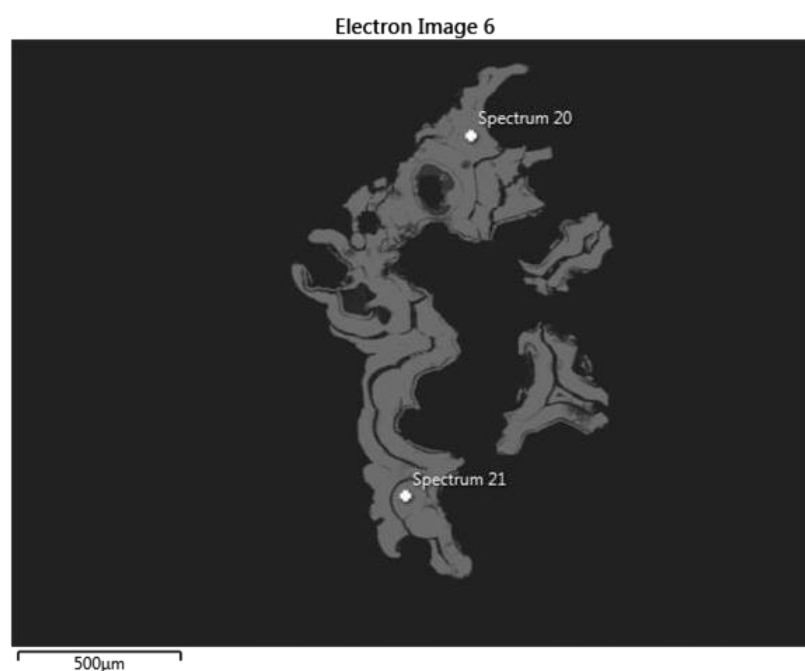


Figura 4.2.5.1: Imagem por MEV da amostra PGE-23.

No ponto *spectrum 20* e *spectrum 21*, foi observado no espectrômetro, que detecta a energia emitida, picos característicos de alguns elementos como Pt e Pd como apresentado na Figura 4.2.5.2. Com base na composição mineralógica obtida, o mineral é compatível com Platina.

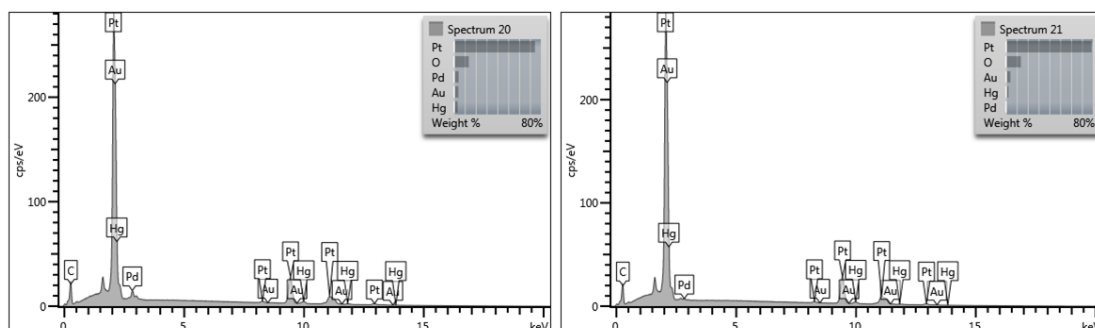


Figura 4.2.5.2: Espectro da amostra PGE-23 nos pontos 20 e 21.

Os resultados exibidos na Tabela 4.2.5 são uma forma mais simplificada de analisar os teores de cada ponto dos elementos químicos predominantes obtidos do MEV e as porcentagens relativas dos respectivos compostos na amostra, podendo observar a composição de cada área demarcada.

Tabela 4.2.5: Distribuição de teores da amostra PGE-23

Pontos	<i>Spectrum 21</i>	<i>Spectrum 20</i>
Pd	1,02	4,99
Pt	91,5	86,37
Au	4,77	4,79
Hg	2,71	3,85
Total	100	100
Mineral	$Pt_{0,91}Au_{0,05}Hg_{0,03}Pd_{0,02}$	$Pt_{0,83}Pd_{0,09}Au_{0,05}Hg_{0,04}$

4.3 AMOSTRA DA MINA CAUÊ

4.3.1 MEV/AMOSTRA PGE-01

Áreas da amostra foram submetidas à observação através do Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV), Figura 4.3.1.1. Destas, foram selecionados quatro pontos para serem analisados de forma mais

aprofundada: *spectrum 1*; *spectrum 2*; *spectrum 3*; e *spectrum 4*. Pela observação da imagem, percebe-se a diferença de tons de cinza, em que cada tom corresponde a uma diferente massa atômica. Para possibilitar o reconhecimento das diferentes fases minerais, fez-se necessário aumentar o contraste da imagem.

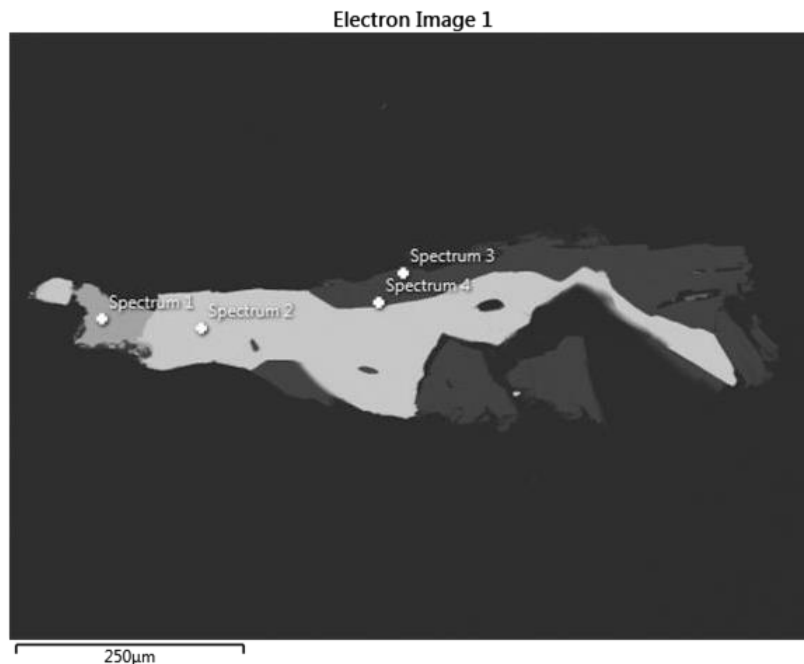


Figura 4.3.1.1: Imagem por MEV da amostra PGE-01

No ponto *spectrum 1*, foi observado no espectrômetro, que detecta a energia emitida, picos característicos de alguns elementos como Pd e As, como apresentado na Figura 4.3.1.2. Com base na composição mineralógica obtida, o mineral é compatível com Pd₃As.

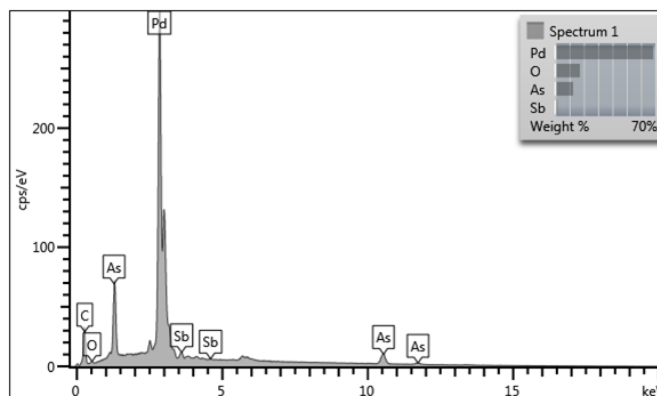


Figura 4.3.1.2: Espectro da amostra PGE-01.

No ponto *spectrum 2*, foi observado no espectrômetro, que detecta a energia emitida, picos característicos de alguns elementos como Au, como apresentado na Figura 4.3.1.3. Com base na composição mineralógica obtida, o mineral é compatível com $(AuCu)_4(PdPt)$.

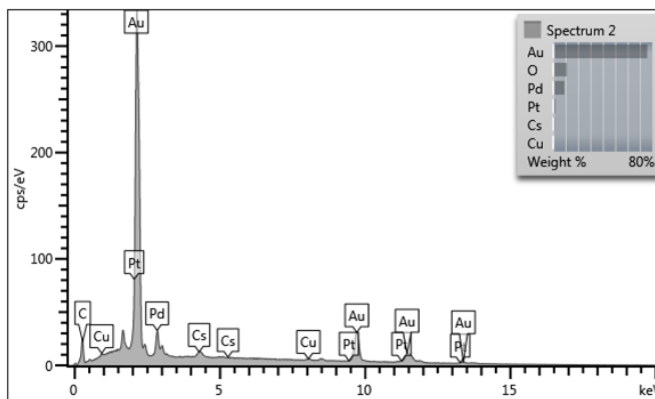


Figura 4.3.1.3: Espectro da amostra PGE-01

No ponto *spectrum 3* e *spectrum 4*, foi observado no espectrômetro, que detecta a energia emitida, picos característicos de alguns elementos como Si e O, como apresentado na Figura 4.3.1.4. Com base na composição mineralógica obtida, o mineral é compatível com Quartzo.

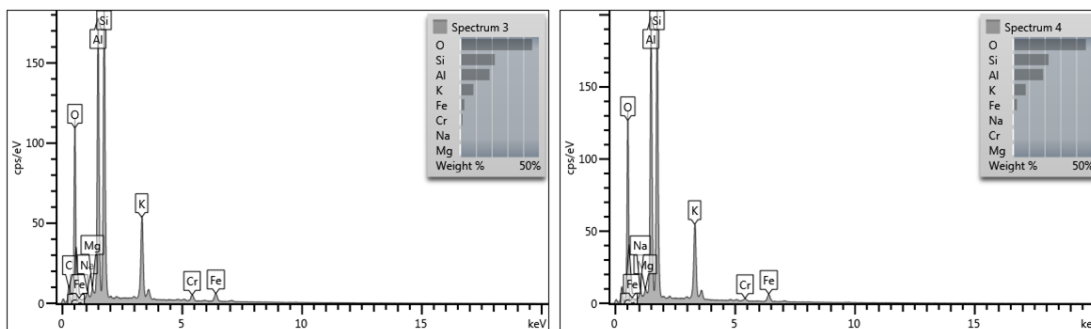


Figura 4.3.1.4: Espectro da amostra PGE-01 no ponto 3 e 4.

Os resultados exibidos na Tabela 4.3.1 são uma forma mais simplificada de analisar os teores de cada ponto dos elementos químicos predominantes obtidos do MEV e as porcentagens relativas dos respectivos compostos na amostra, podendo observar a composição de cada área demarcada.

Tabela 4.3.1: Distribuição de teores da amostra PGE-01

Pontos	<i>Spectrum 1</i>	<i>Spectrum 2</i>	<i>Spectrum 3</i>	<i>Spectrum 4</i>
Cu	-	0,80	-	-
As	19,2	-	-	-
Pd	78,93	10,51	-	-
Sb	1,87	-	-	-
Pt	-	2,26	-	-
Au	-	86,42	-	-
Total	100	100	100	100
Mineral	Pd ₃ As	(Au,Cu) ₄ (Pd,Pt)	Quartzo	Quartzo

4.3.2 MEV/AMOSTRA PGE-08

Áreas da amostra foram submetidas à observação através do Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV), Figura 4.3.2.1. Destas, foram selecionados dois pontos para serem analisados de forma mais aprofundada: *spectrum 27*; e *spectrum 28*. Pela observação da imagem, percebe-se a diferença de tons de cinza, em que cada tom corresponde a uma diferente massa atômica. Para possibilitar o reconhecimento das diferentes fases minerais, fez-se necessário aumentar o contraste da imagem.

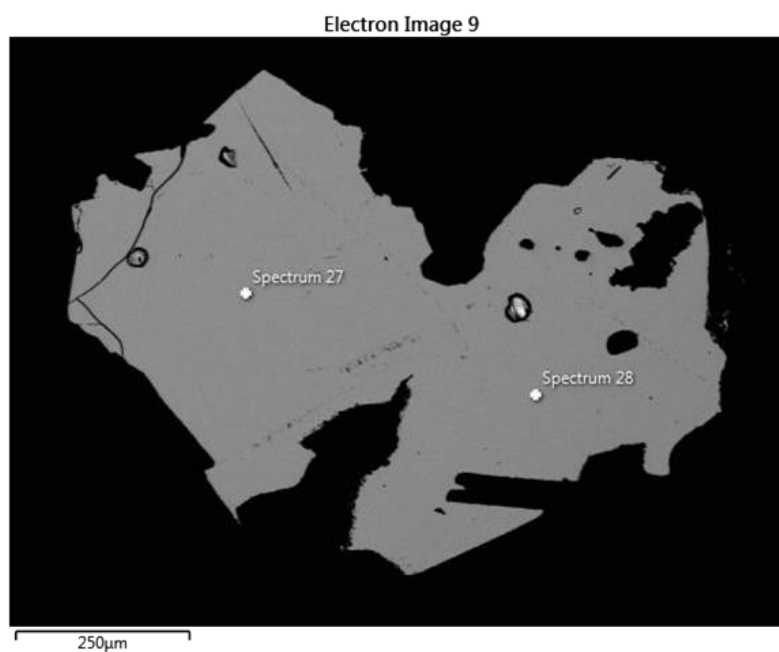


Figura 4.3.2.1: Imagem por MEV da amostra PGE-08

Com a observação no espectrômetro - que detecta a energia emitida pela amostra - verificou-se que no *spectrum 27* e *spectrum 28* são observados picos característicos, que indicam a presença de elementos como Pd, Sb, As, como mostrado na Figura 4.3.2.2. A partir da composição mineralógica obtida, restou demonstrado que o mineral é compatível com Isomertieita.

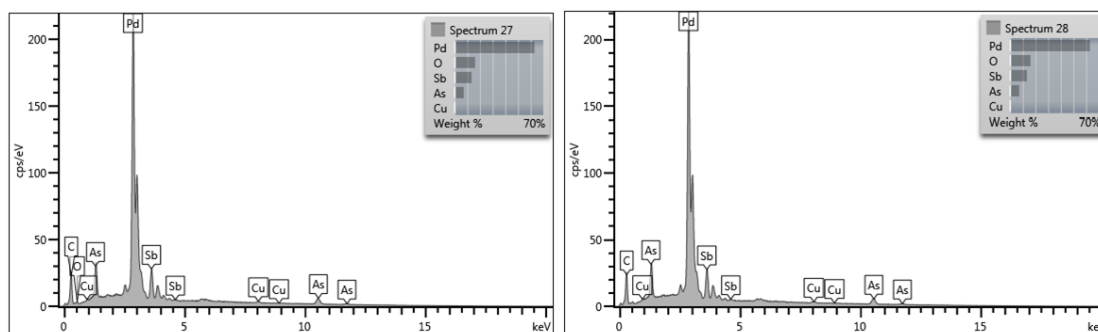


Figura 4.3.2.2: Espectro da amostra PGE-08 no ponto 27 e 28

Os resultados exibidos na Tabela 4.3.2 são uma forma mais simplificada de analisar os teores de cada ponto dos elementos químicos predominantes obtidos do MEV e as porcentagens relativas dos respectivos compostos na amostra, podendo observar a composição de cada área demarcada.

Tabela 4.3.2: Distribuição de teores da amostra PGE-08

Ponto:	<i>Spectrum 28</i>	<i>Spectrum 27</i>
Cu	0,85	0,86
As	10,81	10,84
Pd	72,47	72,44
Sb	15,87	15,86
Total	100	100
Fórmula	$(Pd_{10,46}Cu_{0,2})(As_{2,22})(Sb_2)$	$(Pd_{10,46}Cu_{0,2})(As_{2,22})(Sb_2)$
Mineral	Isomertieita	Isomertieita

4.3.3 MEV/AMOSTRA PGE-11

Áreas da amostra foram submetidas à observação através do Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV), Figura 4.3.3.1. Destas, foram selecionados dois pontos para serem analisados de forma mais aprofundada: *spectrum* 43; e *spectrum* 44. Pela observação da imagem, percebe-se a diferença de tons de cinza, em que cada tom corresponde a uma diferente massa atômica. Para possibilitar o reconhecimento das diferentes fases minerais, fez-se necessário aumentar o contraste da imagem.

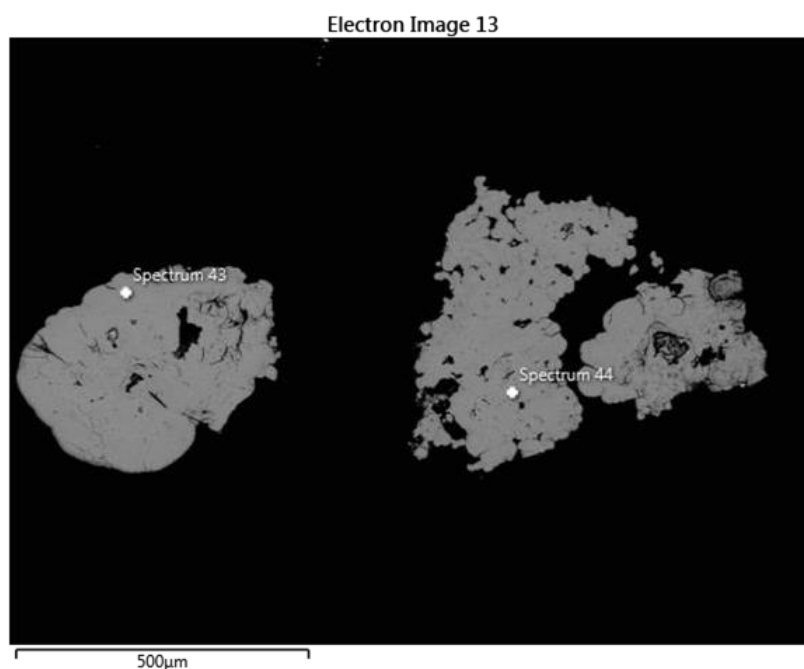


Figura 4.3.3.1: Imagem por MEV da amostra PGE-11

No ponto *spectrum* 43 e *spectrum* 44, foi observado no espectrômetro, que detecta a energia emitida, picos característicos de alguns elementos como As e Fe, como apresentado na Figura 4.3.3.2. Com base na composição mineralógica obtida, o mineral é compatível com Scorodita

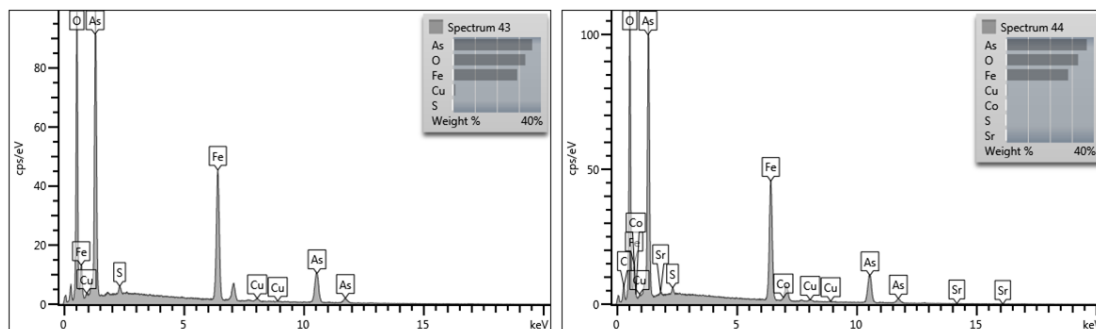


Figura 4.3.3.2: Espectro da amostra PGE-11 no ponto 43 e 44

Os resultados exibidos na Tabela 4.3.3 são uma forma mais simplificada de analisar os teores de cada ponto dos elementos químicos predominantes obtidos do MEV e as porcentagens relativas dos respectivos compostos na amostra, podendo observar a composição de cada área demarcada.

Tabela 4.3.3: Distribuição de teores da amostra PGE-11.

Pontos	<i>Spectrum 44</i>	<i>Spectrum 43</i>
O	-	-
S	1,19	1,4
Fe	40,47	41,79
Co	0,6	-
Cu	0,9	1,51
As	56,39	55,29
Sr	0,46	-
Total	100	100
Mineral	Scorodita	Scorodita

4.3.4 MEV/AMOSTRA PGE-12

Áreas da amostra foram submetidas à observação através do Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV), Figura 4.3.4.1. Destas, foram selecionados dois pontos para serem analisados de forma mais aprofundada: *spectrum 45* e *spectrum 46*. Pela observação da imagem, percebe-se a diferença de tons de

cinza, em que cada tom corresponde a uma diferente massa atômica. Para possibilitar o reconhecimento das diferentes fases minerais, fez-se necessário aumentar o contraste da imagem.

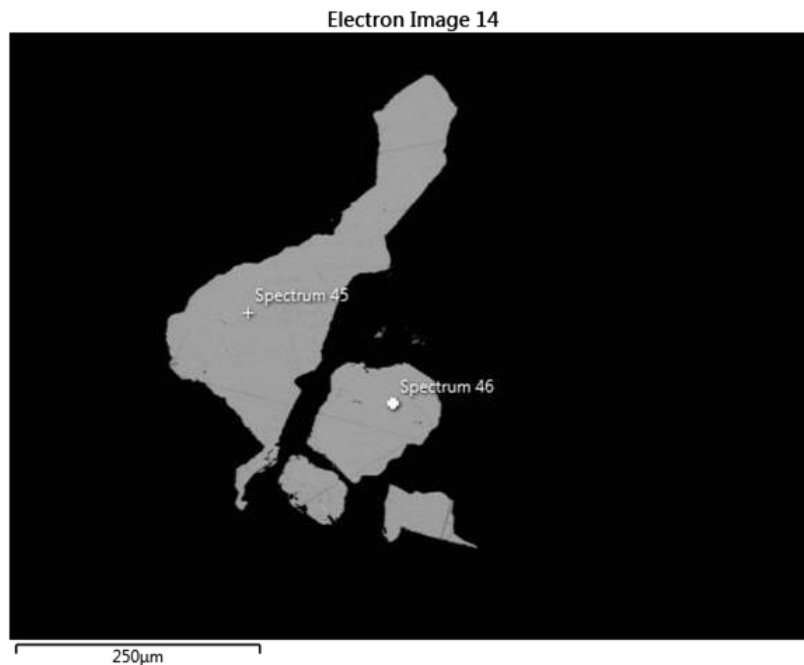


Figura 4.3.4.1: Imagem por MEV da amostra PGE-12

No ponto *spectrum 45* e *spectrum 46*, foi observado no espectrômetro, que detecta a energia emitida, picos característicos de alguns elementos como Au, como apresentado na Figura 4.3.4.2. Com base na composição mineralógica obtida, o mineral é compatível com Ouro.

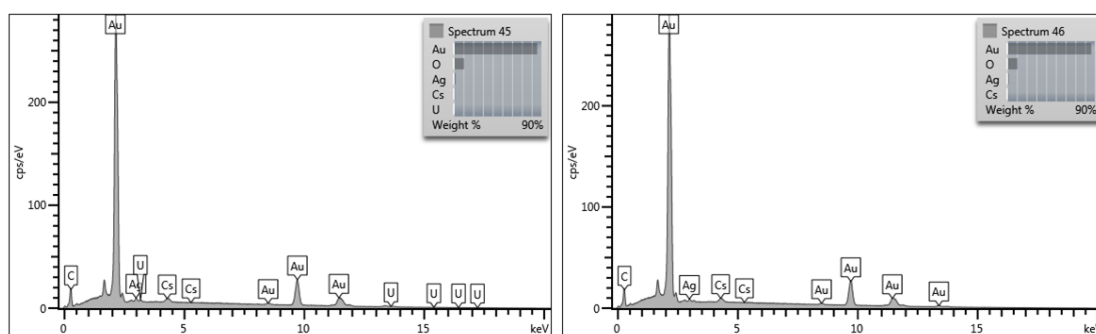


Figura 4.3.4.2: Espectro da amostra PGE-12 no ponto 45 e 46

Os resultados exibidos na Tabela 4.3.4 são uma forma mais simplificada de analisar os teores de cada ponto dos elementos químicos predominantes obtidos do MEV e as porcentagens relativas dos respectivos compostos na amostra, podendo observar a composição de cada área demarcada.

Tabela 4.3.4: Distribuição de teores da amostra PGE-12.

Ponto:	<i>Spectrum 46</i>	<i>Spectrum 45</i>
Ag	1,85	2,19
Au	98,15	97,80
Total	100	100
Mineral:	$Au_{0,97}Ag_{0,3}$	$Au_{0,96}Ag_{0,04}$

4.3.5 MEV/AMOSTRA PGE-17

Áreas da amostra foram submetidas à observação através do Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV), Figura 4.3.5.1. Destas, foram selecionados dois pontos para serem analisados de forma mais aprofundada: *spectrum 51* e *spectrum 52*. Pela observação da imagem, percebe-se a diferença de tons de cinza, em que cada tom corresponde a uma diferente massa atômica. Para possibilitar o reconhecimento das diferentes fases minerais, fez-se necessário aumentar o contraste da imagem.

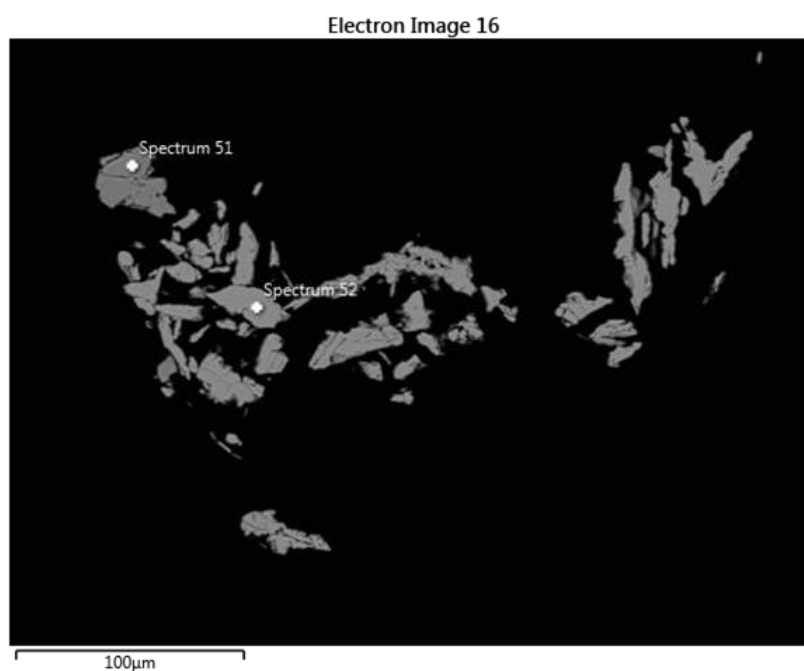


Figura 4.3.5.1: Imagem por MEV da amostra PGE-17

No ponto *spectrum 51* e *spectrum 52*, foi observado no espectrômetro, que detecta a energia emitida, picos característicos de alguns elementos como As e Fe, como apresentado na Figura 4.3.5.2. Com base na composição mineralógica obtida, o mineral é compatível com Scorodita.

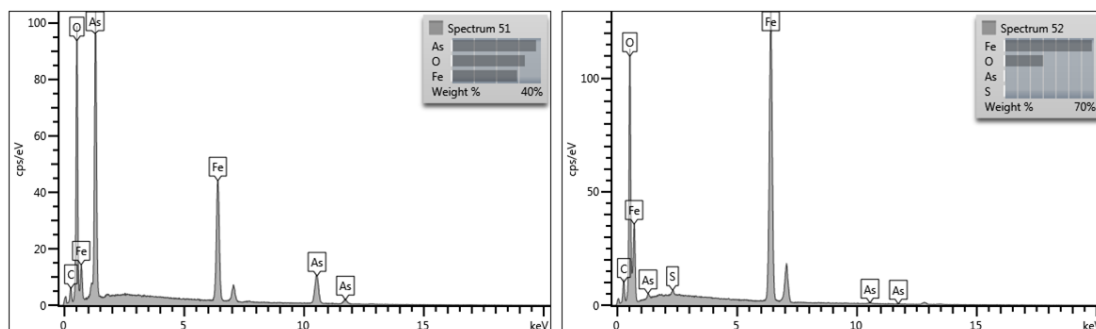


Figura 4.3.5.2: Espectro da amostra PGE-17 no ponto 51 e 52

Os resultados exibidos na Tabela 4.3.5 são uma forma mais simplificada de analisar os teores de cada ponto dos elementos químicos predominantes obtidos do MEV e as porcentagens relativas dos respectivos compostos na amostra, podendo observar a composição de cada área demarcada.

Tabela 4.3.5: Distribuição de teores da amostra PGE-17

Ponto:	<i>Spectrum 52</i>	<i>Spectrum 51</i>
O	-	-
S	0,8	-
Fe	97,82	41,98
As	1,38	58,02
Total	100	100
Mineral	Scorodita	Scorodita

4.3.6 MEV/AMOSTRA PGE-22

Áreas da amostra foram submetidas à observação através do Microscópio Eletrônico de Varredura

(MEV), Figura 4.3.6.1. Destas, foram selecionados cinco pontos para serem analisados de forma mais aprofundada: *spectrum 13*; *spectrum 14*; *spectrum 15*; *spectrum 16* e *spectrum 17*. Pela observação da imagem, percebe-se a diferença de tons de cinza, em que cada tom corresponde a uma diferente massa atômica. Para possibilitar o reconhecimento das diferentes fases minerais, fez-se necessário aumentar o contraste da imagem.

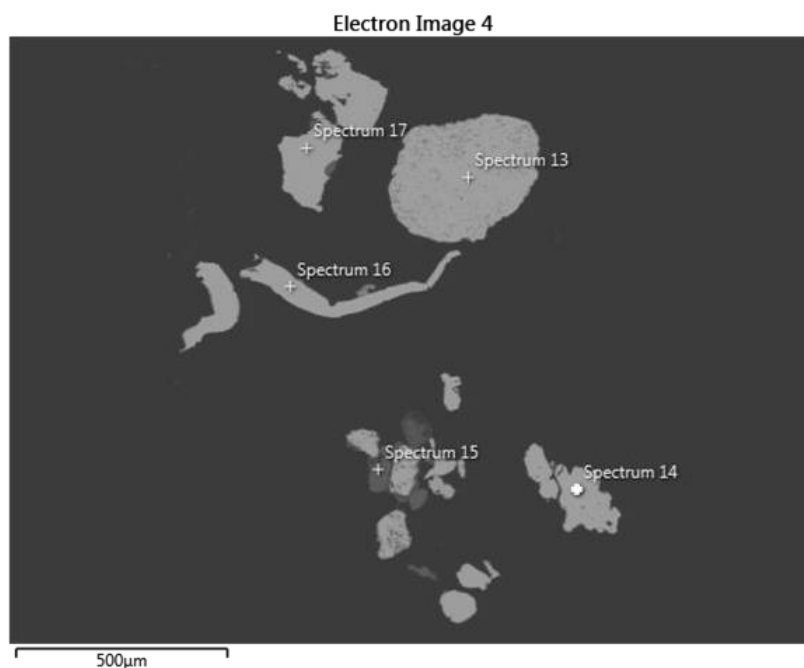


Figura 4.3.6.1: Imagem por MEV da amostra PGE-22

No ponto *spectrum 13*, *spectrum 14*, *spectrum 16* e *spectrum 17*, foi observado no espectrômetro, que detecta a energia emitida, picos característicos de alguns elementos como Au, como apresentado na Figura 4.3.6.2. Com base na composição mineralógica obtida, o mineral é compatível com Ouro.

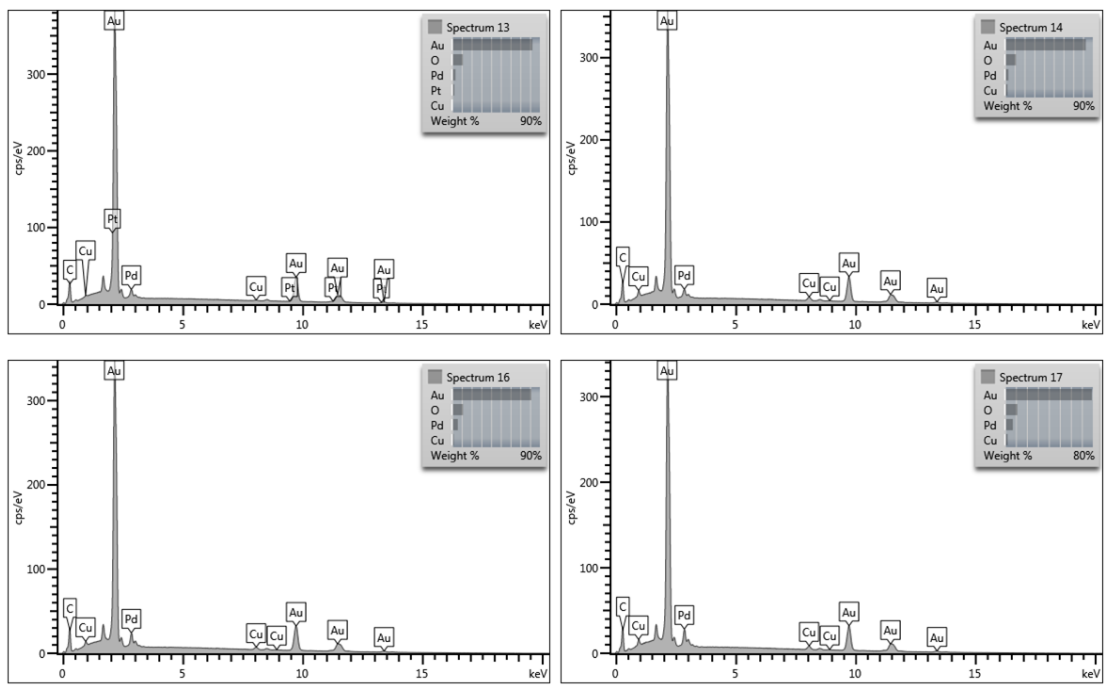


Figura 4.3.6.2: Espectro da amostra PGE-22 no ponto 13, 14, 16 e 17.

Os resultados exibidos na Tabela 4.3.6 são uma forma mais simplificada de analisar os teores de cada ponto dos elementos químicos predominantes obtidos do MEV e as porcentagens relativas dos respectivos compostos na amostra, podendo observar a composição de cada área demarcada.

Tabela 4.3.6: Distribuição de teores da amostra PGE-22.

Ponto	<i>Spectrum 17</i>	<i>Spectrum 13</i>	<i>Spectrum 14</i>	<i>Spectrum 16</i>
Cu	2,67	0,54	2,82	1,97
Pd	8,15	4,00	3,92	6,66
Pt	-	2,77	-	-
Au	89,17	92,69	93,26	91,37
Total	100	100	100	100
Mineral	Ouro	Ouro	Ouro	Ouro

4.3.7 MEV/AMOSTRA PGE-24

Áreas da amostra foram submetidas à observação através do Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV), Figura 4.3.7.1. Destas, foi selecionado um ponto para ser analisado de forma mais aprofundada: *spectrum 22*. Pela observação da imagem, percebe-se a diferença de tons de cinza, em que cada tom corresponde a uma diferente massa atômica. Para possibilitar o reconhecimento das diferentes fases minerais, fez-se necessário aumentar o contraste da imagem.

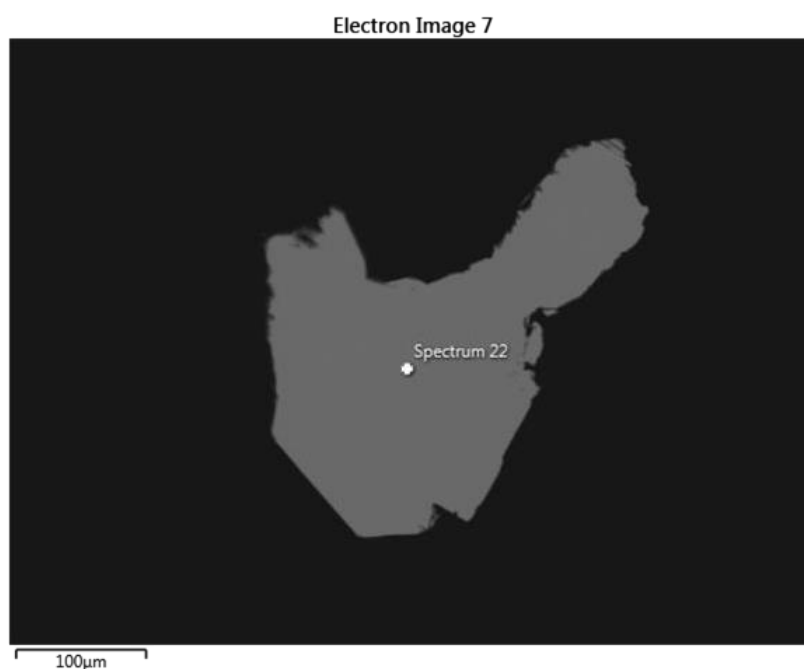


Figura 4.3.7.1: Imagem por MEV da amostra PGE-24

No ponto *spectrum 22*, foi observado no espectrômetro, que detecta a energia emitida, picos característicos de alguns elementos como As, Pd e Sb como apresentado na Figura 4.3.7.2. Com base na composição mineralógica obtida, o mineral é compatível com Vicentita.

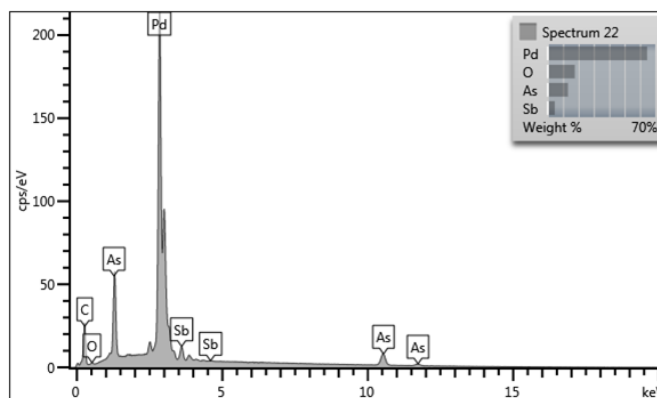


Figura 4.3.7.2: Espectro da amostra PGE-24 no ponto 22

Os resultados exibidos na Tabela 4.3.7 são uma forma mais simplificada de analisar os teores de cada ponto dos elementos químicos predominantes obtidos do MEV e as porcentagens relativas dos respectivos compostos na amostra, podendo observar a composição de cada área demarcada.

Tabela 4.3.7: Distribuição de teores da amostra PGE-24.

Ponto	<i>Spectrum 22</i>
As	15,97
Pd	78,53
Sb	5,50
Total	100
Mineral	Vincentita

4.3.8 MEV/AMOSTRA PGE-25

Áreas da amostra foram submetidas à observação através do Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV), Figura 4.3.8.1. Destas, foi selecionado um ponto para análise mais aprofundada: *spectrum 29*. Pela observação da imagem, percebe-se a diferença de tons de cinza, em que cada tom corresponde a uma diferente massa atômica. Para possibilitar o reconhecimento das diferentes fases minerais, fez-se necessário aumentar o contraste da imagem.

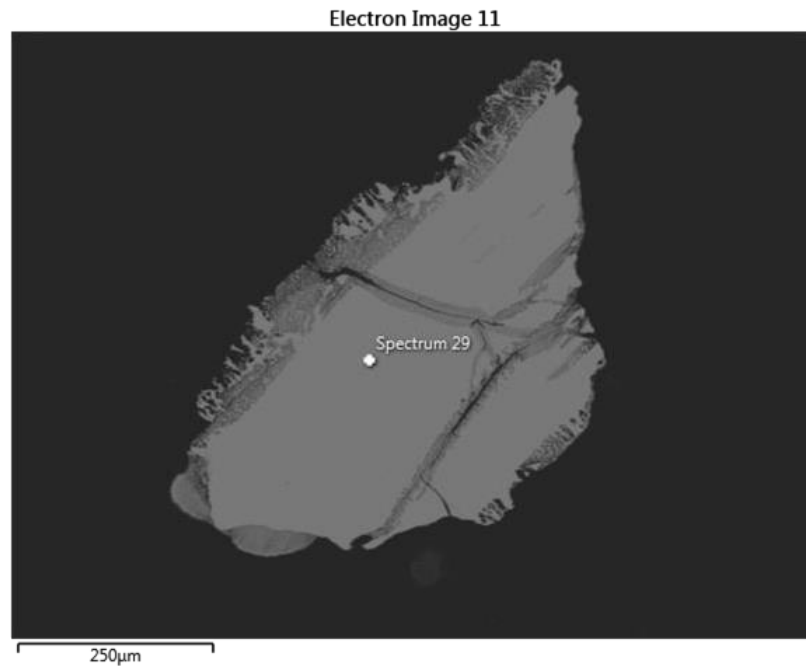


Figura 4.3.8.1: Imagem por MEV da amostra PGE-25

No ponto *spectrum* 29, foi observado no espectrômetro, que detecta a energia emitida, picos característicos de alguns elementos como Pd e As, como apresentado na Figura 4.3.8.2. Com base na composição mineralógica obtida, o mineral é compatível com Pd₃As – Vicentita.

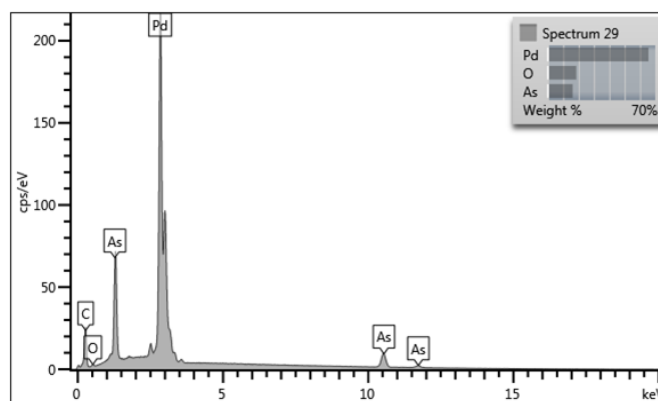


Figura 4.3.8.2: Espectro da amostra PGE-25 no ponto 29

Os resultados exibidos na Tabela 4.3.8 são uma forma mais simplificada de analisar os teores de cada ponto dos elementos químicos predominantes obtidos do MEV e as porcentagens relativas dos respectivos compostos na amostra, podendo observar a composição de cada área demarcada.

Tabela 4.3.8: Distribuição de teores da amostra PGE-25.

Ponto	<i>Spectrum 29</i>
As	19,7
Pd	80,3
Total	100
Mineral	Pd3As - Vincentita

4.4 MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE TRANSMISSÃO - MET

Para a realização de análises por MET foi utilizada uma lamela produzida pela técnica de FIB, como descrito na metodologia. Foi selecionada uma área de 0,005x0,005 mm correspondente à fase determinada por MEV como vincentita, sendo a imagem de BSE apresentada na figura 4.4.1. A imagem de alta resolução indica a presença de fases distintas, não observadas pelo MEV. A imagem da lamela é apresentada na figura 4.4.2.

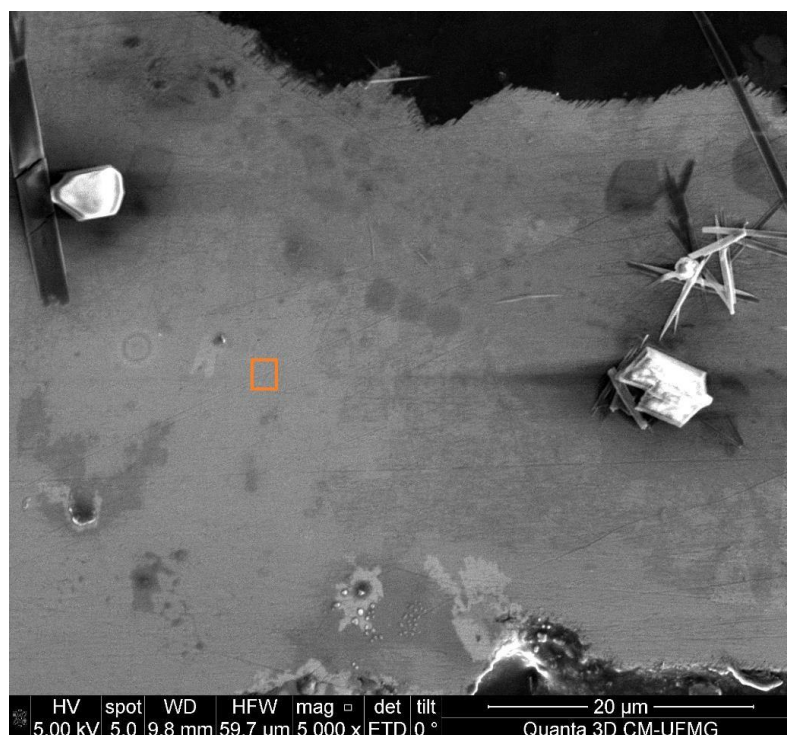


Figura 4.4.1 - Imagem por MET da amostra de Vincentita

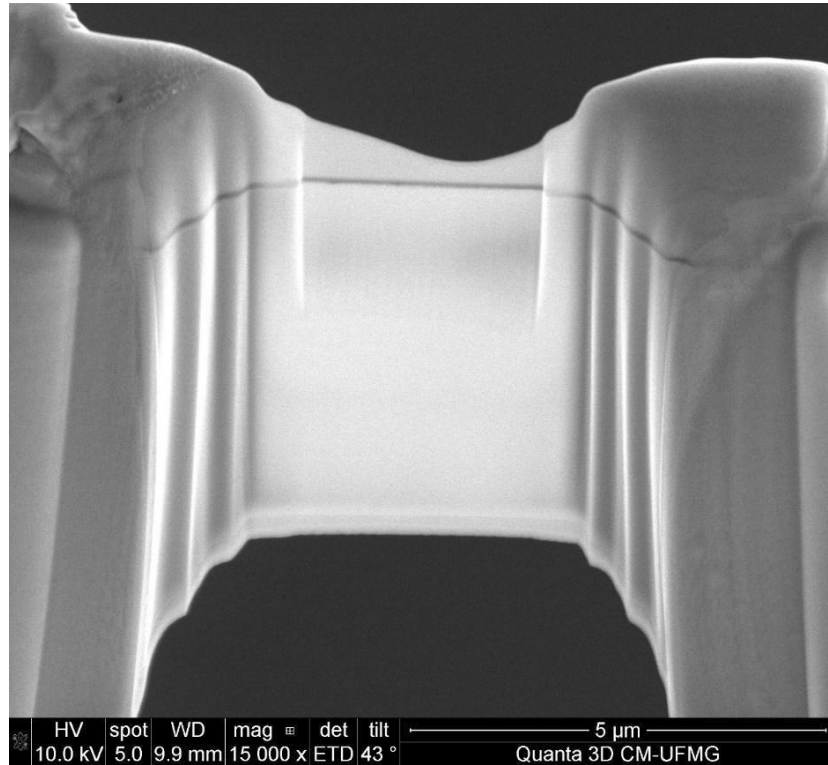


Figura 4.4.2 - Imagem por MET da amostra de Vincentita

A estrutura cristalina determinada é compatível com o mineral arsenopalladinita (Figura 4.4.3):

Lattice Type :Triclinic

$a = 7.43 \text{ \AA}$, $b = 13.95 \text{ \AA}$, $c = 7.35 \text{ \AA}$

$\alpha = 92.88 \text{ deg}$, $\beta = 119.5 \text{ deg}$, $\gamma = 87.85 \text{ deg}$

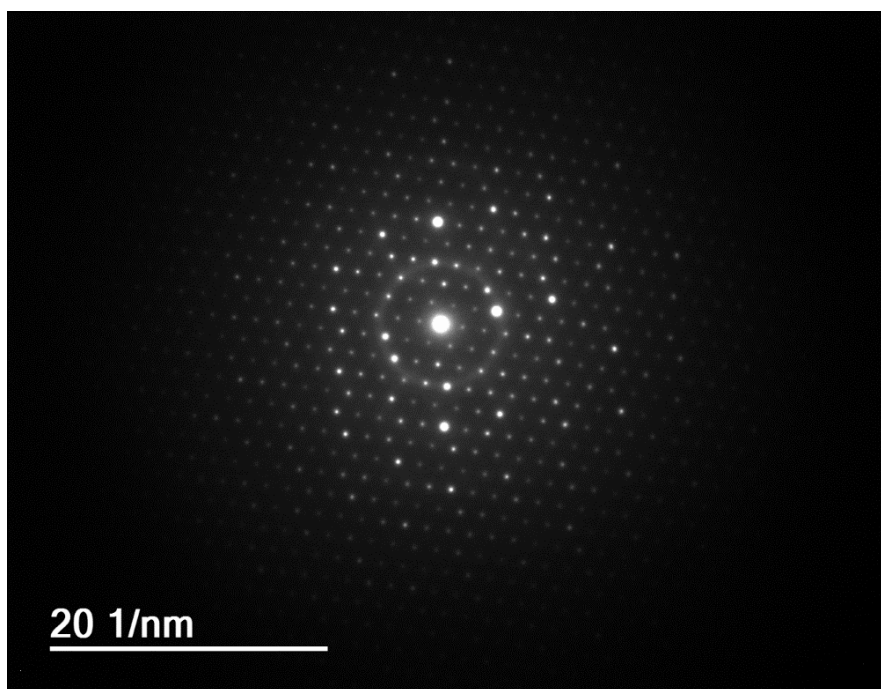


Figura 4.4.3 - Imagem por MET da amostra de Vincentita

CAPÍTULO 5

CONCLUSÃO

O depósito aluvionar do Córrego Bom Sucesso é um depósito mineral internacionalmente conhecido pela sua ocorrência de Paládio. Dentre os elementos identificados na amostra destacam-se Pt, Pd, Hg, Ag e Au. Já entre os elementos identificados na amostra de jacutinga da Mina Cauê destacam-se: Pt, Pd, Ag, Au, Cu, As, Sb, Al, K, Fe, Si, O, Co, S e Sr.

Dentre as amostras analisadas provenientes do Córrego Bom Sucesso, verificou-se associações mineralógicas entre os elementos Au e Pt, Pt e Pd, Au e Pd bem como Hg associado aos três citados anteriormente, também foi identificado a presença de Ag em uma amostra. Na amostra PGE-04 pode-se identificar uma associação mineral entre pelo menos três tipos diferentes de minerais. PdPt, Pd₄Pt₃Hg e Pd₅Pt₄Hg. Na amostra PGE-05 todos os pontos analisados apresentaram uma composição de mais 84% de Au. Os minerais identificados foram: Au, AgAu₃ e Au_{0,97}Pt_{0,03}. Na amostra PGE-09, nos dois pontos analisados, identificou-se dois minerais compostos exclusivamente por Au e Pd, sendo eles: Au_{0,87}Pd_{0,13} e Au_{0,91}Pd_{0,09}. Na análise feita na amostra PGE-18 foram identificados dois minerais compostos pela associação entre Pt e Pd, todos apresentaram composição de Pt superior a 69%, sendo eles: Pt₅Pd₄ e Pt₃Pd. Na amostra PGE-23, foram identificados dois minerais com alta concentração de Pt, sendo os minerais identificados: Pt_{0,91}Au_{0,05}Hg_{0,03}Pd_{0,02} e Pt_{0,83}Pd_{0,09}Au_{0,05}Hg_{0,04}.

Na amostra PGE-01 foram analisados quatro pontos, nas análises puderam ser identificados pelo menos três minerais diferentes, um composto exclusivamente de Pd, As e uma pequena concentração de Sb, outro composto por Au, Pd, Pt e Cu e um outro mineral no qual não se identificou nenhuma concentração dos elementos citados anteriormente composto por Si, O, Al e K. Os minerais são: Pd₃As, (AuCu)₄(PdPt) e Quartzo. Na amostra PGE-08 foi observado um mineral composto por Pd, Sb, As e Cu, identificado como Isomertieita. Na amostra PGE-11 foram identificados, nos dois pontos analisados, duas composições variadas de S, Fe, Co, Cu, As e Sr, porém ambas compatíveis com o mineral denominado Scorodita. Na amostra PGE-12, ambos pontos observados apresentaram concentração de Au superior a 97%, os minerais identificados foram: Au_{0,97}Ag_{0,3} e Au_{0,96}Ag_{0,04}.

Na amostra PGE-17 foi possível analisar dois minerais identificados como Scorodita, porém um deles apresentava alta concentração de Fe. Na amostra PGE-22, foi possível identificar quatro minerais com concentrações variadas de Au, Pd, Pt e Cu, todos com concentração de Au maior que 89%. Na amostra PGE-24 foi observado um mineral identificado como Vincentita, composto por Pd, Sb e As. O mesmo mineral identificado na amostra anterior também foi identificado na amostra PGE-25, porém com concentrações de Pd e As diferentes e sem a presença de Sb.

Através da análise de MET, na fase identificada como Vincentita, identificou-se um mineral de estrutura cristalina compatível com Arsenopalladinita.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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-Abreu P.A. 1993. *A evolução geodinâmica da Serra do Espinhaço Meridional, Minas Gerais, Brasil*. Tese de doutoramento, Univ. Freiburg, 150p.

Almeida-Abreu, P. A. & Pflug, R. - 1994 - *The geodynamic evolution of the southern Serra do Espinhaço, Minas Gerais, Brazil*. *Zbl. Geol., H 1/2*: 21- 44

Almeida-Abreu P.A. 1995. *O Supergrupo Espinhaço da Serra do Espinhaço Meridional. Minas Gerais: o rifte, a bacia e o orógeno*. *Geonomos*, 3(1): 1-18.

Almeida F.F.M. 1976. *The upper Precambrian os South America*. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, Boletim 7.

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 F., Van Schumus W.R. 1995. *The Pb/Pb age of the Minas Supergroup carbonate rocks, Quadrilátero Ferrífero, Brazil*. *Precambrian Research*, 72:235–245.

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. & 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.

Barbosa, A.L.M. 1968. *Contribuições recentes à geologia do Quadrilátero Ferrífero*. Editora da Escola de Minas, Ouro Preto.

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

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

Craig, J.R., Vaughan, D.J., Hagni, R.D. 1981. *Ore Microscopy and Ore Petrography*. New York. Vol. 406

de Oliveira, T. A. R. 2022, Caracterização química de minerais pesados de Pd, Pt, Au...

Dedavid, B.A., Gomes, C.I., Machado, G. 2007. *Microscopia Eletrônica de Varredura: Aplicações e Preparação de Amostras: Materiais Poliméricos, Metálicos e Semicondutores*.

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

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.

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.

Dossin I.A., Uhlein A., Dossin T.M. 1984. *Geologia da Faixa Móvel Espinhaço em sua porção meridional, MG*. In: XXXIII Cong. Bras. Geol., Anais 7: 3118-3134. Rio de Janeiro.

Dossin I.A., Chaves M.L. de S.C., Uhlein A. & Alvarenga C.J.S. de. 1985. *Geologia e Depósitos Diamantíferos da Região de Sopa, Diamantina (MG)*, III Simp.Geol. Minas Gerais, BH, Bol. 5: 276 – 290.

Dossin, I.A.; Garcia, A.J.V.; Uhlein, A. & Dossin, T.M. 1987. *Facies eólica na Formação Galho do Miguel, Supergrupo Espinhaço-MG*. Simp. Sist. Dep. Pré-Cambriano, Anais, pp. 85-96, Ouro Preto.

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.von 1822. *Geognostisches Gemälde von Brasilien und warscheinliches Muttergestein der Diamanten, Landes_Industrie-Comtoir*, Weimar, 44p

Eschwege W. L. 1833. *Pluto Brasiliensis*, Berlin, Verlag G. Reimer. 622p.

Eschwege, W. L.; Pluto Brasiliensis; Murta, D.; trad.; Ed. Itatiaia: São Paulo, 1979, p. 166.

Faria, L. E.; Filgueiras, C. A. L.; *Quim. Nova* 2019, 42, 105.

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.

Fleet M.E., de Almeida, C.M., and Angeli, N., 2002, *Botryoidal platinum, palladium and potarite from the Bom Sucesso stream, Minas Gerais, Brazil: Compositional zoning and origin: Canadian Mineralogist*, v. 40, p. 341–355.

Fogaça, A.C.C. & Almeida-Abreu, P.A. 1982. *Depósitos de planícies de mares na Formação Sopa Brumadinho, Proterozoico Inferior da Cordilheira do Espinhaço, Minas Gerais, Brasil*. V Cong. Latinoamer. Geol., Actas 2: 373-388, Buenos Aires.

Fogaça, A. C. C.; Almeida Abreu, P. A. & Schorscher, H. D. 1984 - *Estratigrafia da sequência*

supracrustal arqueana na porção mediana central da Serra do Espinhaço-MG. In: CONGR. BRAS

Fogaça, A.C.C. 1995. *Geologia da Folha Diamantina. Projeto Espinhaço*, COMIG/UFMG, 98 pp., Belo Horizonte.

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.

Herrgesell, G. 1984. *Das Prakambrium am Ostrand der nordlichen Serra do Cipó Serra do Espinhaço, Minas Gerais, Brasilien*. Un. Freiburg, Tese Dout., 247 pp., Freiburg.

Hoffmann, C. - 1983 - *The Archean peraluminous Gouveia Granite: Its structure, geochemistry and phase petrology (Serra do Espinhaço, Minas Gerais, Brazil)*. N. Jb. Miner. Abh., 146: 359-371.

Hussak, E.; Annaes da Escola de Minas de Ouro Preto 1906, 8, 75.

Kalt, H. 1991. *Untersuchungen zur Schertektonik in der südlichen Serra do Espinhaço und im angrenzenden Teil des São Francisco Beckens, Minas Gerais, Brasilien*. Un. Freiburg, Tese Dout., 118p. Freiburg.

Klein, C., Dutrow, B. 2009. *Manual de Ciência Dos Minerais*. Bookman Editora. 174p.

Knauer, L. G. - 1990 - *Evolução Geológica do Pré-Cambriano da porção centro-leste da Serra do Espinhaço Meridional e metalogênese associada*. Diss. Mestrado. Campinas. UNICAMP, Dept. Geoc., 298p. (inédita)

Knauer, L. G.; Grossi-Sad. J. H. 1996. *Geologia da Folha Presidente Kubitschek (SE-23-Z-A-VI)*. In: Grossi-Sad, J. H.; Lobato, L. M.; Pedrosa-Soares, A. C. *et al.* (Eds.) Projeto Espinhaço. Belo Horizonte: COMIG, 1997. 1 CD-ROM.

Knauer, L. G. 1999. *Serra do Espinhaço Meridional : Considerações sobre a estratigrafia e a análise da deformação das unidades proterozóicas*. Tese de Doutorado, UNESP, 244, Rio Claro

Knauer L.G. 2007. *O Supergrupo Espinhaço em Minas Gerais: considerações sobre sua estratigrafia e seu arranjo estrutural*. Geonomos, 15(1): 81-90

Kwitko-Ribeiro, R. & Cabral, A. & Lehmann, B. & Laflamme, J. & Cabri, L. & Criddle, A. & Galbiatti, H. (2002). *Hongshiite, PtCu, from itabirite-hosted Au-Pd-Pt mineralization (Jacutinga), Itabira district, Minas Gerais, Brazil*. Canadian Mineralogist, 40. 711-723.

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. & 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.

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

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.

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.

Luz, A.B. da, Sampaio, J.A., França, S.C.A. 2010. *Tratamento de minérios*

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., 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.

Martins-Neto, M.A. 1996. *Lacustrine fan-deltaic sedimentation in a Proterozoic rift basin: the Sopa-Brumadinho Tectonosequence, southeastern Brazil*. *Sedimentary Geology*, 106: 65-96

Martins-Neto, M.A. 1998. *O Supergrupo Espinhaço em Minas Gerais: registro de uma bacia rift-sag do Paleo/Mesoproterozóico*. *Rev. Bras. Geoc.*, 28(2):151-168

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.

Nagatani, T. 1987. *Development of an ultra high resolution scanning electron microscope by means of a field-emission source and in-lens system*. *Scanning Microsc.*, 1:901–909.

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.

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.

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.

Pflug, R., 1965. *A Geologia da parte meridional da Serra do Espinhaço e zonas adjacentes*. Rio de Janeiro DNPM/DGM, Boletim 266, 51pp.

Pflug, R. - 1968 - *Observações sobre a estratigrafia da Série Minas na região de Diamantina, MG*; DNPM, RJ - Notas Preliminares e Estudos, (142); 20p.

Pflug, R.; Schobenhau, C; Renger, F. 1969. *Contribuição à Geotectônica do Brasil Oriental*. Recife, SUDENE. 55 p. (Série Especial 9)

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.

Reyntjens, S.; Puers, R. *Journal of Micromechanics and Microengineering* 2001, 11, 287-300.

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.

Rosiere 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.

Schöll W. & Fogaça A.C.C. 1979. *Estratigrafia da Serra do Espinhaço na região de Diamantina*. In: I Simp. Geol. Minas Gerais, Anais, p. 55- 73.

Schöll, W. V. & Turinsky, F. - 1980 - *O espectro dos minerais pesados nas sequências quartzíticas pré-cambrianas na parte sul da Serra do Espinhaço, Minas Gerais, Brasil*. Münster Forsch. Geol. Paläont., 51: 257-278.

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.

Silva R.R. 1995. *Contribution to the stratigraphy and paleogeography of the lower Espinhaço Supergroup (Mesoproterozoic), between Diamantina and Gouveia, Minas Gerais State, Brazil*, Tese de Doutorado, Freiburg Geowiss.Beitr., Band 8: 115p, Feiburg.

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

Teixeira, W.; Dossin, I. A.; Dossin, T. M.; Salvador, E. D.; Siga Jr., O. & Sato, K. - 1990 - *Interpretação do contexto geotectônico do embasamento na borda leste do Sistema Espinhaço, região de Guanhães e Gouveia-MG, com base numa integração do seu conjunto geocronológico U/Pb, Rb/Sr e K/Ar*. In: Cong. Bras. Geol., 36, Natal, 1990. Anais... Natal, SBG, v.6, p. 2711-2722

de Oliveira, T. A. R. 2022, Caracterização química de minerais pesados de Pd, Pt, Au...

Uhlein, A. 1984. *Análise estrutural nas formações inferiores do Supergrupo Espinhaço na região de Datas, Minas Gerais*. XXXIII Cong. Bras. Geol., Anais 6: 3381-3392, Rio de Janeiro.

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

Wollaston, W. H.; Philos. Trans. R. Soc. London 1809, 99, 189.

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.

A Fundação da Escola de Minas: Prof. Gorceix e a Mineralogia. Disponível em <https://mct.ufop.br/funda%C3%A7%C3%A3o-da-escola-de-minas-prof-gorceix-e-mineralogia>. Acessado em 27 de julho de 2022, às 14h e 43min.

ANEXO

Microscope Control Initialization Succeeded.

```
|
|
| DiffTools (v5.0), Diffraction Calibration and Measurement Tools, by |
| D. R. G. Mitchell, adminnospam@dmscripting.com (remove the nospam) |
|
| You may use this suite of scripts freely. If they contribute |
| to your work, please consider citing the following article: |
|
| 'DiffTools: Software Tools for Electron Diffraction in Digital Micrograph.' |
|
| D. R. G. Mitchell, Microscopy Research and Technique, 71 (2008) 588-593. |
|
|
```

```
|
|
| EELSTools EELS Acquisition and Measurement Tools, by |
| D. R. G. Mitchell and B. Schaffer |
| adminnospam@dmscripting.com |
|
| You may use this suite of scripts freely. If they contribute |
| to your work, please consider citing the following article: |
|
| 'Scripting customised microscopy tools for Digital Micrograph.' |
|
| D. R. G. Mitchell and B. Schaffer, Ultramicroscopy, |
| vol. 103, (2005) pp 319-332. |
|
|
```

|
| RDFTools: Radial Distribution Function analysis tools. |
| (version:1.1, build 2.7a, December 2011). |
| D. R. G. Mitchell and T. Petersen |
| admin@dmscripting.com |
|
| You may use this suite of scripts freely. If they contribute |
| to your work, please consider citing the following article: |
| 'RDFTools: A software tool for quantifying short-range |
| ordering in amorphous materials' |
|
| D. R. G. Mitchell and T. Petersen, Microscopy Research & Technique |
| DOI: 10.1002/jemt.21038 |
|

Welcome to DigitalMicrograph. 22/12/2021, 08:04:40

The following data have been added to the Crystal Tools Database:

Crystal Name :As-palladinite

Lattice Type :Triclinic

a = 7.43 Å, b = 13.95 Å, c = 7.35 Å

alpha = 92.88 deg, beta = 119.5 deg, gamma = 87.85 deg

This crystal will be accessible from the pulldown menu when the script is next launched.
Crystal data can be manually edited in File : Global Info : Tags : Diff Tools : Crystal Tools : Crystals

d-spacing Table

Material : As-palladinite

Crystal Type : Triclinic

Cell Size : $a = 7.43 \text{ \AA}$, $b = 13.95 \text{ \AA}$, $c = 7.35 \text{ \AA}$ Cell Angles : $\alpha = 92.88 \text{ deg}$, $\beta = 119.5 \text{ deg}$, $\gamma = 87.85 \text{ deg}$

(h, k, l)	d-spacing (\AA)
(0,1,0)	13.9309
(0,2,0)	6.9654
(1,0,0)	6.4660
(0,0,1)	6.3928
(1,0,-1)	6.3750
(1,1,-1)	5.9119
(1,1,0)	5.8983
(0,1,-1)	5.8924
(1,-1,0)	5.8324
(0,1,1)	5.7314
(1,-1,-1)	5.6883
(1,2,-1)	4.8267
(0,2,-1)	4.7980
(1,2,0)	4.7740
(1,-2,0)	4.7046
(0,3,0)	4.6436
(0,2,1)	4.6264
(1,-2,-1)	4.5878
(1,3,-1)	3.8478
(0,3,-1)	3.8241
(1,3,0)	3.7983
(1,-3,0)	3.7458
(1,0,1)	3.7225
(2,0,-1)	3.7119
(0,3,1)	3.6935
(1,0,-2)	3.6703
(1,-3,-1)	3.6657
(2,1,-1)	3.6212
(1,-1,1)	3.6078
(1,1,-2)	3.5940
(1,1,1)	3.5848
(2,-1,-1)	3.5532
(1,-1,-2)	3.5061
(0,4,0)	3.4827

(2,2,-1)	3.3288
(1,2,-2)	3.3166
(1,-2,1)	3.3007
(1,2,1)	3.2657
(2,0,0)	3.2330
(2,-2,-1)	3.2252
(0,0,2)	3.1964
(2,0,-2)	3.1875
(1,-2,-2)	3.1818
(2,1,0)	3.1596
(2,1,-2)	3.1422
(0,1,-2)	3.1406
(2,-1,0)	3.1392
(1,4,-1)	3.1240
(0,4,-1)	3.1064
(0,1,2)	3.0909
(1,4,0)	3.0852
(2,-1,-2)	3.0734
(1,-4,0)	3.0476
(0,4,1)	3.0124
(1,-4,-1)	2.9929
(2,2,-2)	2.9559
(2,3,-1)	2.9548
(1,3,-2)	2.9526
(2,2,0)	2.9491
(0,2,-2)	2.9462
(1,-3,1)	2.9228
(2,-2,0)	2.9162
(1,3,1)	2.8865
(0,2,2)	2.8657
(2,-3,-1)	2.8470
(2,-2,-2)	2.8442
(1,-3,-2)	2.8115
(0,5,0)	2.7862
(2,3,-2)	2.6927
(0,3,-2)	2.6791
(2,3,0)	2.6718
(2,-3,0)	2.6352

(1,5,-1)	2.6021
(1,4,-2)	2.5923
(2,4,-1)	2.5895
(0,3,2)	2.5891
(0,5,-1)	2.5890
(1,5,0)	2.5725
(2,-3,-2)	2.5677
(1,-4,1)	2.5596
(1,-5,0)	2.5452
(1,4,1)	2.5271
(0,5,1)	2.5206
(1,-5,-1)	2.5066
(2,-4,-1)	2.4929
(1,-4,-2)	2.4652
(2,0,1)	2.4419
(3,0,-1)	2.4369
(1,0,2)	2.4300
(3,0,-2)	2.4221
(2,4,-2)	2.4133
(3,1,-1)	2.4130
(2,-1,1)	2.4064
(1,0,-3)	2.4057
(3,1,-2)	2.4043
(2,1,1)	2.4041
(1,-1,2)	2.4029
(2,0,-3)	2.4028
(0,4,-2)	2.3990
(1,1,-3)	2.3894
(2,1,-3)	2.3888
(3,-1,-1)	2.3881
(2,4,0)	2.3870
(1,1,2)	2.3849
(3,-1,-2)	2.3687
(2,-4,0)	2.3523
(1,-1,-3)	2.3522
(2,-1,-3)	2.3474
(3,2,-1)	2.3224
(3,2,-2)	2.3198
(0,4,2)	2.3132
(1,-2,2)	2.3104

(2,2,-3)	2.3089
(1,2,-3)	2.3074
(2,-2,1)	2.3065
(2,2,1)	2.3024
(2,-4,-2)	2.2939
(1,2,2)	2.2786
(3,-2,-1)	2.2786
(1,5,-2)	2.2750
(2,5,-1)	2.2702
(3,-2,-2)	2.2570
(1,-5,1)	2.2444
(1,-2,-3)	2.2418
(2,-2,-3)	2.2358
(1,5,1)	2.2170
(2,-5,-1)	2.1886
(3,3,-2)	2.1876
(3,3,-1)	2.1855
(2,3,-3)	2.1809
(1,3,-3)	2.1780
(1,-3,2)	2.1730
(1,-5,-2)	2.1673
(2,-3,1)	2.1639
(2,3,1)	2.1588
(3,0,0)	2.1553
(2,5,-2)	2.1528
(0,5,-2)	2.1393
(3,1,0)	2.1347
(1,3,2)	2.1336
(3,-3,-1)	2.1312
(0,0,3)	2.1309
(2,5,0)	2.1261
(3,-1,0)	2.1253
(3,0,-3)	2.1250
(0,1,-3)	2.1180
(3,1,-3)	2.1168
(3,-3,-2)	2.1097
(1,-3,-3)	2.0964
(2,-5,0)	2.0954

(0,1,3)	2.0950
(2,-3,-3)	2.0901
(3,-1,-3)	2.0849
(3,2,0)	2.0676
(0,5,2)	2.0633
(3,2,-3)	2.0620
(0,2,-3)	2.0589
(3,-2,0)	2.0505
(2,-5,-2)	2.0467
(3,4,-2)	2.0310
(2,4,-3)	2.0278
(3,4,-1)	2.0259
(1,4,-3)	2.0241
(0,2,3)	2.0172
(1,-4,2)	2.0140
(3,-2,-3)	2.0042
(2,-4,1)	2.0021
(2,4,1)	1.9967
(1,4,2)	1.9724
(3,3,-3)	1.9706
(3,-4,-1)	1.9686
(3,3,0)	1.9661
(0,3,-3)	1.9641
(3,-4,-2)	1.9486
(3,-3,0)	1.9441
(1,-4,-3)	1.9375
(2,-4,-3)	1.9313
(0,3,3)	1.9105
(3,-3,-3)	1.8961
(3,5,-2)	1.8693
(2,5,-3)	1.8684
(1,5,-3)	1.8644
(3,5,-1)	1.8627
(2,0,2)	1.8612
(3,4,-3)	1.8565
(4,0,-2)	1.8559
(1,-5,2)	1.8518
(4,1,-2)	1.8489
(0,4,-3)	1.8480
(2,-1,2)	1.8480

(3,4,0)	1.8449
(2,1,2)	1.8417
(2,-5,1)	1.8390
(2,0,-4)	1.8352
(2,5,1)	1.8338
(2,1,-4)	1.8314
(4,-1,-2)	1.8306
(3,-4,0)	1.8208
(1,5,2)	1.8115
(4,2,-2)	1.8106
(2,-1,-4)	1.8077
(3,-5,-1)	1.8072
(2,-2,2)	1.8039
(2,2,-4)	1.7970
(3,0,1)	1.7930
(2,2,2)	1.7924
(4,0,-1)	1.7902
(3,-5,-2)	1.7892
(0,4,3)	1.7888
(4,1,-1)	1.7816
(1,0,3)	1.7804
(1,-5,-3)	1.7802
(3,1,1)	1.7787
(3,-1,1)	1.7778
(4,-2,-2)	1.7766
(4,0,-3)	1.7746
(2,-5,-3)	1.7745
(3,-4,-3)	1.7743
(1,-1,3)	1.7719
(4,1,-3)	1.7708
(4,-1,-1)	1.7697
(1,0,-4)	1.7670
(3,0,-4)	1.7639
(1,1,-4)	1.7627
(3,1,-4)	1.7615
(1,1,3)	1.7602
(2,-2,-4)	1.7530
(4,-1,-3)	1.7502
(4,3,-2)	1.7465

(4,2,-1)	1.7450
(1,-1,-4)	1.7433
(4,2,-3)	1.7392
(3,-1,-4)	1.7387
(3,2,1)	1.7372
(2,3,-4)	1.7368
(1,-2,3)	1.7360
(3,-2,1)	1.7355
(2,-3,2)	1.7353
(3,5,-3)	1.7327
(3,2,-4)	1.7317
(1,2,-4)	1.7311
(0,5,-3)	1.7233
(4,-2,-1)	1.7229
(2,3,2)	1.7200
(3,5,0)	1.7170
(1,2,3)	1.7141
(4,-3,-2)	1.7012
(4,-2,-3)	1.7008
(1,-2,-4)	1.6949
(3,-5,0)	1.6928
(3,-2,-4)	1.6890
(4,3,-1)	1.6854
(4,3,-3)	1.6840
(3,3,-4)	1.6784
(2,-3,-4)	1.6781
(1,-3,3)	1.6773
(1,3,-4)	1.6764
(3,3,1)	1.6737
(3,-3,1)	1.6715
(4,4,-2)	1.6644
(0,5,3)	1.6636
(2,4,-4)	1.6583
(4,-3,-1)	1.6557
(2,-4,2)	1.6503
(3,-5,-3)	1.6496
(1,3,3)	1.6479
(2,4,2)	1.6328
(4,-3,-3)	1.6325
(1,-3,-4)	1.6276

(3,-3,-4)	1.6211
(4,0,0)	1.6165
(4,-4,-2)	1.6126
(4,4,-3)	1.6118
(4,4,-1)	1.6096
(4,1,0)	1.6084
(3,4,-4)	1.6079
(1,4,-4)	1.6048
(4,-1,0)	1.6030
(1,-4,3)	1.6025
(0,0,4)	1.5982
(3,4,1)	1.5954
(0,1,-4)	1.5944
(4,0,-4)	1.5938
(3,-4,1)	1.5928
(4,1,-4)	1.5926
(2,-4,-4)	1.5909
(0,1,4)	1.5813
(4,2,0)	1.5798
(4,-4,-1)	1.5753
(4,-1,-4)	1.5744
(4,5,-2)	1.5725
(4,2,-4)	1.5711
(0,2,-4)	1.5703
(4,-2,0)	1.5696
(2,5,-4)	1.5693
(1,4,3)	1.5685
(2,-5,2)	1.5569
(4,-4,-3)	1.5522
(1,-4,-4)	1.5483
(0,2,4)	1.5455
(3,-4,-4)	1.5414
(2,5,2)	1.5386
(4,-2,-4)	1.5367
(4,3,0)	1.5337
(4,3,-4)	1.5316
(4,5,-3)	1.5294
(0,3,-4)	1.5285

(3,5,-4)	1.5269
(4,5,-1)	1.5246
(1,5,-4)	1.5231
(4,-3,0)	1.5197
(1,-5,3)	1.5186
(4,-5,-2)	1.5182
(3,5,1)	1.5091
(3,-5,1)	1.5064
(2,-5,-4)	1.4984
(0,3,4)	1.4945
(4,-5,-1)	1.4883
(4,-3,-4)	1.4844
(1,5,3)	1.4825
(3,0,2)	1.4812
(4,4,-4)	1.4780
(5,0,-2)	1.4776
(2,0,3)	1.4767
(5,1,-2)	1.4746
(4,4,0)	1.4746
(3,-1,2)	1.4739
(0,4,-4)	1.4731
(5,0,-3)	1.4721
(3,1,2)	1.4718
(2,-1,3)	1.4713
(5,1,-3)	1.4704
(4,-5,-3)	1.4662
(2,1,3)	1.4656
(5,-1,-2)	1.4642
(1,-5,-4)	1.4631
(2,0,-5)	1.4593
(2,1,-5)	1.4587
(3,0,-5)	1.4582
(3,1,-5)	1.4581
(4,-4,0)	1.4581
(5,-1,-3)	1.4576
(3,-5,-4)	1.4563
(5,2,-2)	1.4554
(5,2,-3)	1.4527
(3,-2,2)	1.4508
(2,-2,3)	1.4501

(3,2,2)	1.4468
(2,-1,-5)	1.4441
(3,-1,-5)	1.4426
(2,2,-5)	1.4424
(3,2,-5)	1.4423
(2,2,3)	1.4392
(5,-2,-2)	1.4357
(0,4,4)	1.4329
(5,-2,-3)	1.4282
(4,-4,-4)	1.4221
(5,3,-2)	1.4220
(5,3,-3)	1.4206
(2,-3,3)	1.4149
(4,5,-4)	1.4148
(2,-2,-5)	1.4146
(3,-3,2)	1.4139
(3,-2,-5)	1.4127
(3,3,-5)	1.4122
(2,3,-5)	1.4118
(4,0,1)	1.4110
(5,0,-1)	1.4093
(0,5,-4)	1.4087
(3,3,2)	1.4083
(4,5,0)	1.4072
(5,1,-1)	1.4055
(4,1,1)	1.4045
(4,-1,1)	1.4031
(2,3,3)	1.3998
(1,0,4)	1.3995
(5,-1,-1)	1.3987
(1,-1,4)	1.3965
(5,0,-4)	1.3950
(5,1,-4)	1.3947
(5,-3,-2)	1.3945
(1,0,-5)	1.3911
(1,1,-5)	1.3902
(4,-5,0)	1.3894
(4,1,-5)	1.3887

(1,1,4)	1.3886
(4,0,-5)	1.3884
(5,2,-1)	1.3878
(5,-3,-3)	1.3866
(4,2,1)	1.3842
(4,-2,1)	1.3816
(5,-1,-4)	1.3816
(5,2,-4)	1.3806
(1,-2,4)	1.3798
(1,-1,-5)	1.3784
(5,4,-2)	1.3770
(5,4,-3)	1.3768
(1,2,-5)	1.3756
(4,2,-5)	1.3754
(5,-2,-1)	1.3749
(4,-1,-5)	1.3744
(2,-3,-5)	1.3733
(3,-3,-5)	1.3712
(3,4,-5)	1.3705
(2,4,-5)	1.3697
(2,-4,3)	1.3687
(3,-4,2)	1.3664
(0,5,4)	1.3650
(1,2,4)	1.3645
(3,4,2)	1.3597
(5,3,-1)	1.3577
(5,-2,-4)	1.3555
(4,-5,-4)	1.3540
(5,3,-4)	1.3540
(1,-2,-5)	1.3531
(4,3,1)	1.3519
(1,-3,4)	1.3508
(2,4,3)	1.3505
(4,3,-5)	1.3497
(1,3,-5)	1.3486
(4,-3,1)	1.3483
(4,-2,-5)	1.3481
(5,-4,-2)	1.3441
(5,-3,-1)	1.3396
(5,-4,-3)	1.3360

(1,3,4)	1.3295
(5,5,-3)	1.3248
(5,5,-2)	1.3240
(2,-4,-5)	1.3233
(3,-4,-5)	1.3210
(3,5,-5)	1.3203
(2,5,-5)	1.3192
(5,-3,-4)	1.3188
(5,4,-1)	1.3174
(1,-3,-5)	1.3172
(5,4,-4)	1.3169
(2,-5,3)	1.3149
(4,4,-5)	1.3135
(1,-4,4)	1.3118
(3,-5,2)	1.3116
(4,-3,-5)	1.3115
(1,4,-5)	1.3114
(4,4,1)	1.3099
(4,-4,1)	1.3056
(3,5,2)	1.3042
(5,-4,-1)	1.2956
(2,5,3)	1.2949
(5,0,0)	1.2932
(5,1,0)	1.2894
(5,-5,-2)	1.2876
(5,-1,0)	1.2859
(1,4,4)	1.2859
(5,-5,-3)	1.2796
(0,0,5)	1.2786
(0,1,-5)	1.2775
(5,1,-5)	1.2756
(5,0,-5)	1.2750
(5,2,0)	1.2749
(5,-4,-4)	1.2742
(1,-4,-5)	1.2732
(5,5,-4)	1.2720
(5,5,-1)	1.2699
(4,5,-5)	1.2694
(0,1,5)	1.2690

(5,-2,0)	1.2681
(2,-5,-5)	1.2678
(4,-4,-5)	1.2671
(1,5,-5)	1.2665
(0,2,-5)	1.2658
(5,2,-5)	1.2656
(3,-5,-5)	1.2654
(1,-5,4)	1.2653
(5,-1,-5)	1.2639
(4,5,1)	1.2612
(4,-5,1)	1.2564
(5,3,0)	1.2506
(0,2,5)	1.2495
(5,3,-5)	1.2458
(5,-5,-1)	1.2455
(0,3,-5)	1.2444
(5,-2,-5)	1.2430
(5,-3,0)	1.2411
(3,0,3)	1.2408
(3,-1,3)	1.2373
(1,5,4)	1.2364
(3,1,3)	1.2345
(3,-2,3)	1.2243
(5,-5,-4)	1.2242
(1,-5,-5)	1.2238
(0,3,5)	1.2213
(4,0,2)	1.2210
(3,2,3)	1.2189
(5,4,0)	1.2182
(4,-5,-5)	1.2175
(5,4,-5)	1.2175
(4,-1,2)	1.2166
(4,1,2)	1.2160
(2,0,4)	1.2150
(0,4,-5)	1.2147
(5,-3,-5)	1.2138
(2,-1,4)	1.2127
(2,1,4)	1.2081
(5,-4,0)	1.2066
(4,-2,2)	1.2032

(3,-3,3)	1.2026
(4,2,2)	1.2020
(2,-2,4)	1.2014
(3,3,3)	1.1950
(2,2,4)	1.1924
(0,4,5)	1.1863
(5,5,-5)	1.1824
(2,-3,4)	1.1819
(4,-3,2)	1.1817
(4,3,2)	1.1800
(5,5,0)	1.1797
(0,5,-5)	1.1785
(5,-4,-5)	1.1781
(3,-4,3)	1.1736
(2,3,4)	1.1691
(5,-5,0)	1.1665
(3,4,3)	1.1642
(5,0,1)	1.1614
(5,1,1)	1.1581
(5,-1,1)	1.1568
(2,-4,4)	1.1552
(4,-4,2)	1.1532
(1,0,5)	1.1512
(4,4,2)	1.1512
(1,-1,5)	1.1502
(5,2,1)	1.1468
(0,5,5)	1.1463
(1,1,5)	1.1445
(5,-2,1)	1.1444
(1,-2,5)	1.1414
(2,4,4)	1.1393
(3,-5,3)	1.1389
(5,-5,-5)	1.1377
(1,2,5)	1.1303
(5,3,1)	1.1285
(3,5,3)	1.1281
(1,-3,5)	1.1254
(5,-3,1)	1.1250

(2,-5,4)	1.1229
(4,-5,2)	1.1195
(4,5,2)	1.1171
(1,3,5)	1.1096
(2,5,4)	1.1047
(5,4,1)	1.1040
(1,-4,5)	1.1031
(5,-4,1)	1.0996
(1,4,5)	1.0833
(1,-5,5)	1.0755
(5,5,1)	1.0745
(5,-5,1)	1.0695
(4,0,3)	1.0610
(3,0,4)	1.0587
(4,-1,3)	1.0587
(4,1,3)	1.0573
(3,-1,4)	1.0570
(3,1,4)	1.0543
(1,5,5)	1.0528
(4,-2,3)	1.0503
(3,-2,4)	1.0494
(4,2,3)	1.0476
(3,2,4)	1.0441
(4,-3,3)	1.0363
(3,-3,4)	1.0361
(5,0,2)	1.0349
(4,3,3)	1.0325
(5,-1,2)	1.0321
(5,1,2)	1.0321
(2,0,5)	1.0286
(3,3,4)	1.0285
(2,-1,5)	1.0277
(2,1,5)	1.0239
(5,-2,2)	1.0237
(5,2,2)	1.0237
(2,-2,5)	1.0212
(3,-4,4)	1.0178
(4,-4,3)	1.0174
(2,2,5)	1.0139
(4,4,3)	1.0126

(5,-3,2) 1.0102
(5,3,2) 1.0101
(2,-3,5) 1.0095

(3,4,4) 1.0082

Centre (Manual) of 'M2102471_0003' has been set to : X = 686, Y = 529

Angular measurement of : M2102471_0003 (Angles)

Measurement Mode : d <-> d

Centre X : 686.367 Y : 528.876

g-vector Spacing / 1/nm 1/Spacing / nm

Red : 1.726 0.579

Green : 1.768 0.566

Red / Green : 0.976

Angle / degrees : 76.2

Material : As-palladinite

Crystal Type : Triclinic

Cell Size : a = 7.43 Å, b = 13.95 Å , c = 7.35 Å

Cell Angles : alpha = 92.88 deg, beta = 119.5 deg, gamma = 87.85 deg

(hkl) 1 : (1,-1,-1)

(hkl) 2 : (1,-1,0)

1 ^ 2 Angle : 53.53 degrees

Material : As-palladinite

Crystal Type : Triclinic

Cell Size : a = 7.43 Å, b = 13.95 Å , c = 7.35 Å

Cell Angles : alpha = 92.88 deg, beta = 119.5 deg, gamma = 87.85 deg

(hkl) 1 : (1,-1,-1)

(hkl) 2 : (0,1,1)

1 ^ 2 Angle : 127.6 degrees

Angular measurement of : M2102471_0003 (Angles)

Measurement Mode : d <-> d

Centre X : 686.367 Y : 528.876

g-vector	Spacing / 1/nm	1/Spacing / nm
----------	----------------	----------------

Red	:	1.726	0.579
-----	---	-------	-------

Green	:	2.171	0.461
-------	---	-------	-------

Red / Green	:	0.795
-------------	---	-------

Angle / degrees	:	125.8
-----------------	---	-------

Material : As-palladinite

Crystal Type : Triclinic

Cell Size : a = 7.43 Å, b = 13.95 Å, c = 7.35 Å

Cell Angles : alpha = 92.88 deg, beta = 119.5 deg, gamma = 87.85 deg

(hkl) 1 : (0,2,1)

(hkl) 2 : (1,-1,-1)

1 ^ 2 Angle : 130.03 degrees

Material : As-palladinite

Crystal Type : Triclinic

Cell Size : a = 7.43 Å, b = 13.95 Å, c = 7.35 Å

Cell Angles : alpha = 92.88 deg, beta = 119.5 deg, gamma = 87.85 deg

(hkl) 1 : (1,-1,-1)

(hkl) 2 : (0,2,1)

1 ^ 2 Angle : 130.03 degrees

Material : As-palladinite

Crystal Type : Triclinic

Cell Size : a = 7.43 Å, b = 13.95 Å, c = 7.35 Å

Cell Angles : alpha = 92.88 deg, beta = 119.5 deg, gamma = 87.85 deg

(hkl) 1 : (1,-1,0)

(hkl) 2 : (0,2,1)

1 ^ 2 Angle : 88.69 degrees

Material : As-palladinite
Crystal Type : Triclinic
Cell Size : a = 7.43 Å, b = 13.95 Å , c = 7.35 Å
Cell Angles : alpha = 92.88 deg, beta = 119.5 deg, gamma = 87.85 deg

(hkl) 1 : (1,-1,1)
(hkl) 2 : (0,2,1)
1 ^ 2 Angle : 64.13 degrees

Material : As-palladinite
Crystal Type : Triclinic
Cell Size : a = 7.43 Å, b = 13.95 Å , c = 7.35 Å
Cell Angles : alpha = 92.88 deg, beta = 119.5 deg, gamma = 87.85 deg

(hkl) 1 : (1,-1,-1)
(hkl) 2 : (0,2,1)
1 ^ 2 Angle : 130.03 degrees

TEM Control: www.dmscripting.com

This script will allow TEM functions to be controlled from within DigitalMicrograph. It should be compatible with modern TEMs which support the 'em' series of commands such as FEI Osiris, JEOL 2100 etc.

Use this script at your own risk. It has been tested on an FEI Osiris - and is provided in good faith.

The author does not accept any responsibility for any damage arising from its use.

All the field values are in nm, except for Stage Tilt (degrees) and the Brightness (arbitrary value).

Clicking on any Image Shift button with ALT held down provides the option to zero the X and Y image shifts

Clicking on any Stage Shift button with the ALT key held down will jiggle the stage about its last position.

This may help in settling the stage and reducing stage-induced drift. The size of the jiggle is set in the

Global Info - see later).

Clicking on either of the Z Up or Z Down buttons with the ALT key held down will jiggle the height about its

current position. The size of the the jiggle is set in the Global Info.

If you change any of the fields, you can save the new values as the defaults by closing the dialog with

the ALT key held down.

The Image and Stage shift buttons map (approximately) to the screen directions on the TEM this was tested on.

If the mapping is wrong for your TEM, look at the button functions in the code - their operation is fairly

easy to understand. Flipping directions is simply a matter of subtracting instead of adding steps. Alternatively

you could enter negative steps into the relevant fields. Transposing left/right with up/down is a bit more tricky.

If you get stuck, contact the author for assistance. Note: the alignment between shift up and actual up is approximate

and will depend on magnification and how well your TEM was installed.

To edit the jiggle values or any of the default settings open the Global Info at:

File/Global Info/Tags/TEM Control/Default Values

TEM Control: www.dmscripting.com

This script will allow TEM functions to be controlled from within DigitalMicrograph.

It should be compatible with modern TEMs which support the 'em' series of commands such as FEI Osiris, JEOL 2100 etc.

Use this script at your own risk. It has been tested on an FEI Osiris - and is provided in good faith.

The author does not accept any responsibility for any damage arising from its use.

All the field values are in nm, except for Stage Tilt (degrees) and the Brightness (arbitrary value).

Clicking on any Image Shift button with ALT held down provides the option to zero the X and Y image shifts

Clicking on any Stage Shift button with the ALT key held down will jiggle the stage about its

last position.

This may help in settling the stage and reducing stage-induced drift. The size of the jiggle is set in the Global Info - see later).

Clicking on either of the Z Up or Z Down buttons with the ALT key held down will jiggle the height about its current position. The size of the the jiggle is set in the Global Info.

If you change any of the fields, you can save the new values as the defaults by closing the dialog with the ALT key held down.

The Image and Stage shift buttons map (approximately) to the screen directions on the TEM this was tested on.

If the mapping is wrong for your TEM, look at the button functions in the code - their operation is fairly easy to understand. Flipping directions is simply a matter of subtracting instead of adding steps. Alternatively you could enter negative steps into the relevant fields. Transposing left/right with up/down is a bit more tricky.

If you get stuck, contact the author for assistance. Note: the alignment between shift up and actual up is approximate and will depend on magnification and how well your TEM was installed.

To edit the jiggle values or any of the default settings open the Global Info at:
File/Global Info/Tags/TEM Control/Default Values
EELS Analysis of EELS Acquire

Beam Energy: 200 keV
Convergence Semi-Angle: 5.3 mrad
Collection Semi-Angle: 4.93973 mrad

Analysis Results:

Background removal parameters:

Elem.	Fitting range (eV)	Model	Red. chi**2
Pd	299.0 - 328.0	Power Law	0.00
As	1181.0 - 1297.0	Power Law	0.00

Signal quantification parameters:

Elem.	Signal (counts)	Edge Type	Integration range (eV)	Cross-section (barns)
Cross-section model				
Pd	2.06e+005 ± 2122	M	335.0 - 360.0	244 ± 24 Hartree-Slater
As	2.42e+004 ± 649	L	1323.0 - 1383.0	80 ± 8 Hartree-Slater

Absolute quantification:

Elem. Areal density (atoms/nm**2)
 Pd 8.45e+012 ± 8.5e+011 / sum(spec)
 As 3.02e+012 ± 3.1e+011 / sum(spec)

Relative quantification:

Elem. Atomic ratio (/Pd) Percent content
 Pd 1.00 ± 0.000 73.66
 As 0.36 ± 0.052 26.34

EELS Analysis of EELS Acquire

Beam Energy: 200 keV
 Convergence Semi-Angle: 5.3 mrad
 Collection Semi-Angle: 4.93973 mrad

Analysis Results:

Background removal parameters:

Elem. Fitting range (eV) Model Red. chi**2
 Pd 299.0 - 328.0 Power Law 0.00
 As 1193.0 - 1309.0 Power Law 0.00

Signal quantification parameters:

Elem.	Signal (counts)	Edge Type	Integration range (eV)	Cross-section (barns)	Cross-section model
Pd	3.81e+005 ± 2097	M	335.0 - 360.0	244 ± 24	Hartree-Slater
As	2.80e+004 ± 636	L	1326.0 - 1386.0	90 ± 9	Hartree-Slater

Absolute quantification:

Elem. Areal density (atoms/nm**2)
 Pd 1.56e+013 ± 1.6e+012 / sum(spec)
 As 3.10e+012 ± 3.2e+011 / sum(spec)

Relative quantification:

Elem. Atomic ratio (/Pd) Percent content
 Pd 1.00 ± 0.000 83.44
 As 0.20 ± 0.028 16.56

EELS Analysis of EELS Acquire

Beam Energy: 200 keV
 Convergence Semi-Angle: 5.3 mrad
 Collection Semi-Angle: 4.93973 mrad

Analysis Results:

Background removal parameters:

Elem.	Fitting range (eV)	Model	Red. chi**2
Pd	299.0 - 328.0	Power Law	0.00
As	1183.0 - 1299.0	Power Law	0.00

Signal quantification parameters:

Elem.	Signal (counts)	Edge Type	Integration range (eV)	Cross-section (barns)
Cross-section model				
Pd	$2.37e+005 \pm 2020$	M	335.0 - 360.0	244 ± 24 Hartree-Slater
As	$3.50e+004 \pm 610$	L	1325.0 - 1385.0	87 ± 9 Hartree-Slater

Absolute quantification:

Elem.	Areal density (atoms/nm**2)
Pd	$9.71e+012 \pm 9.7e+011 / \text{sum}(\text{spec})$
As	$4.03e+012 \pm 4.1e+011 / \text{sum}(\text{spec})$

Relative quantification:

Elem.	Atomic ratio (/Pd)	Percent content
Pd	1.00 ± 0.000	70.69
As	0.41 ± 0.059	29.31