

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

**DEPÓSITO DE Au, Pd E Pt ASSOCIADO A GRANITO,
MINA BURACO DO OURO, CAVALCANTE, GOIÁS:
CARACTERIZAÇÃO E MODELO DA MINERALIZAÇÃO.**

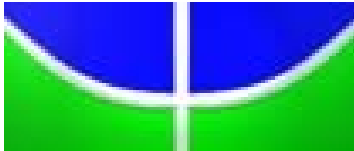
DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Nº 237

JACQUELINE MENEZ MACHADO

Orientador: Prof.Dr. NILSON FRANCISQUINI BOTELHO

Brasília, 2008



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

**DEPÓSITO DE Au, Pd E Pt ASSOCIADO A GRANITO,
MINA BURACO DO OURO, CAVALCANTE, GOIÁS:
CARACTERIZAÇÃO E MODELO DA MINERALIZAÇÃO.**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

JACQUELINE MENEZ MACHADO

Banca examinadora:

Prof.Dr. Nilson Francisquini Botelho (Orientador)

Prof.Dr. Cesar Fonseca Ferreira Filho – UnB

Prof.Dr. Raimundo Netuno Nobre Villas – UFPA

Brasília, 2008

Uma visão sem ação não passa
de um sonho.
Ação sem visão é só
passatempo.
Mas, uma visão com ação pode
mudar o mundo.

Joel Baker

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Prof.Dr. Nilson Francisquini Botelho pela grande ajuda e incentivo e por tudo que me ensinou de forma tão paciente. Sua incomparável orientação e sua dedicação ao trabalho foram fundamentais tanto em minha formação pessoal quanto profissional.

A minha mãe, que sempre esteve ao meu lado em todos os momentos. Agradeço ao amor e carinho que sempre demonstrou com relação as minhas escolhas e a seu apoio incondicional em mais essa etapa da minha vida.

À Universidade de Brasília e ao Instituto de Geociências pelo suporte técnico utilizado na elaboração dessa dissertação. Esse agradecimento se estende aos laboratórios de Laminação, Microscopia e Microsonda que tornaram possíveis a obtenção dos dados aqui apresentados.

A todos os professores que fizeram parte da minha formação como geólogo, tanto durante a Graduação quanto durante o Mestrado.

Ao geólogo Leonel de Souza Barros Neto, da Mineração Penery Ltda, pela colaboração e pelo fornecimento das amostras.

A Dra. Sara Lais Rahal Lenharo, do DITEC – Polícia Federal, pela cooperação e assistência durante a obtenção das imagens eletrônicas.

Aos funcionários do Instituto de Geociências da UnB, que muito nos auxiliam durante a elaboração de nossos trabalhos.

As amigas Tássia Arraes, Ana Paula Machado e Mariana Moellman, pelo apoio, carinho e amizade.

Enfim, agradeço a todas as pessoas que fizeram parte, mesmo que indiretamente, da preparação dessa Dissertação de Mestrado.

A todos, o meu sincero muito obrigada.

SUMÁRIO

| | |
|--|-----|
| AGRADECIMENTOS | i |
| LISTA DE FIGURAS | iv |
| LISTA DE TABELAS | vi |
| RESUMO | vii |
| ABSTRACT | x |
| | |
| CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO | |
| 1.1 – APRESENTAÇÃO | 2 |
| 1.2 – OBJETIVOS E JUSTIFICATIVAS | 3 |
| 1.3 – LOCALIZAÇÃO E VIAS DE ACESSO | 4 |
| 1.4 – METODOLOGIA | 4 |
| | |
| CAPÍTULO 2 – MINERALIZAÇÃO NÃO CONVENCIONAL DE Au-EGP RELACIONADA A GRANITOS PERALUMINOSOS DA MINA BURACO DO OURO, CAVALCANTE, ESTADO DE GOIÁS, BRASIL | |
| 2.1 – INTRODUÇÃO | 8 |
| 2.2 – CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL | 11 |
| 2.3 – CONTEXTO GEOLÓGICO DA MINA BURACO DO OURO | 13 |
| 2.4 – LITOGEOQUÍMICA | 18 |
| Elementos Terras Raras – ETR | 19 |
| Elementos do Grupo da Platina – EGP | 20 |
| 2.5 – DISCUSSÕES | 21 |
| Fonte da Mineralização | 21 |
| Modelo Genético | 23 |
| 2.6 – CONCLUSÕES | 27 |
| 2.7 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 30 |
| | |
| CAPÍTULO 3 – GOLD-PGE DEPOSIT HOSTED IN SHEARED PERALUMINOUS GRANITE IN THE BURACO DO OURO GOLD MINE, CAVALCANTE, GOIÁS STATE, BRAZIL: ORE CHARACTERIZATION AND TEXTURAL RELATIONSHIPS AMONG GOLD, SELENIDES, PGE MINERALS, AND URANINITE | |
| 3.1 – <i>ABSTRACT</i> | 35 |
| 3.2 – INTRODUCTION AND REGIONAL SETTING | 36 |
| 3.3 – GEOLOGY OF THE BURACO DO OURO MINE | 37 |
| 3.4 – SAMPLING AND ANALYTICAL PROCEDURES | 38 |
| 3.5 – ORE MINERALOGY | 39 |
| 3.6 – DISCUSSIONS AND CONCLUDING REMARKS | 45 |
| Ore Controls and Host Rock | 45 |
| Formation Conditions | 46 |
| 3.7 – REFERENCES | 49 |
| | |
| CAPÍTULO 4 – CONCLUSÕES | 52 |
| Sugestões para Exploração Regional e Trabalhos Futuros | 53 |

| | |
|---|----|
| ANEXOS | 55 |
| ANEXO 1 – QUÍMICA MINERAL: MICAS | 56 |
| MUSCOVITA | 57 |
| BIOTITA | 71 |
| ANEXO 2 – QUÍMICA MINERAL: OPACOS | 72 |
| ANEXO 3 – GEOQUÍMICA | 80 |
| ROCHA TOTAL | 81 |
| ETR | 85 |
| Au-Pd-Pt | 87 |

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

Figura 1.1 – Mapa de localização da área de estudo, mostrando as principais vias de acesso. A Mina Buraco do Ouro fica localizada na área urbana da cidade de Cavalcante.....4

CAPÍTULO 2

Figura 2.1 – Mapa geológico da região nordeste de Goiás no contexto da Província Tocantins (modificado de Pimentel *et al.*, 2006)9

Figura 2.2 – Mapa geológico da porção nordeste de Goiás com destaque para as principais mineralizações associadas à Suíte Aurumina e localização da mina Buraco do Ouro, na cidade de Cavalcante (adaptado de Botelho & Silva, 2005)10

Figura 2.3 – Fotografias ressaltando a estrutura *lit-par-lit* entre o granito da Suíte Aurumina e o xisto da Formação Ticunzal em afloramento nas proximidades da mina.....13

Figura 2.4 – (a) Mapa geológico da região de Cavalcante, mostrando a localização do minério (após Botelho *et al.*, 2006b); (b). Perfil geológico esquemático A-A' indicado na Figura 2.4a14

Figura 2.5 – Perfil esquemático da mina Buraco do Ouro, mostrando os corpos mineralizados já explorados e aqueles apenas identificados por sondagens (modificado de relatório interno da Penery Mineração Ltda)15

Figura 2.6 – Fotografias de amostras da mina Buraco do Ouro16

Figura 2.7 – Diagrama de variação composicional da muscovita da mina Buraco do Ouro, com indicação dos domínios de muscovitas primária e secundária da Suíte Aurumina, segundo Botelho *et al.* (2002)18

Figura 2.8 – Diagramas mostrando os padrões ETR normalizados ao condrito segundo Sun & McDonough (1999) de amostras da mina Buraco do Ouro e amostras regionais.....19

Figura 2.9 – Diagramas mostrando o padrão de EGP normalizados ao condrito segundo Naldrett & Duke (1980) de amostras da mina Buraco do Ouro e amostras regionais.....20

Figura 2.10 – Diagramas mostrando as concentrações e relações entre Pt, Pd e Rh no minério de Cavalcante e amostras regionais22

Figura 2.11 – Modelo geral para os depósitos de ouro do tipo *intrusion-related* da Província Aurífera de Tintina, Canadá, com destaque para a ampla variação dos estilos da mineralização e da geoquímica, em função da distância do plúton (adaptado de Hart *et al.*, 2002)25

CAPÍTULO 3

Figure 3.1 – Geological sketch map of the Cavalcante region showing the location of the Buraco do Ouro mine (after Botelho *et al.*, 2006b)38

Figure 3.2 – Photography shown dark sheets associated to metallic minerals. The dark sheets represent the bluish gray muscovite-rich ore at the Buraco do Ouro mine.....39

Figure 3.3 – Reflected light photomicrographs and SEM image of the main aspects of the Buraco do Ouro ore minerals41

Figure 3.4 – Ternary diagrams for the Se-Bi-Pb-Ag phases in the Buraco do Ouro mine.....44

| | |
|---|----|
| Figure 3.5 – Compositional diagram of the muscovite present at Buraco do Ouro mine rocks | 46 |
| Figure 3.6 – Simplified paragenetic sequence for the Buraco do Ouro mineralization..... | 48 |

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 2

Tabela 2.1 – Análises químicas de Au e EGP de rochas da mina Buraco do Ouro, região de Cavalcante e rochas distantes da região, porém com contexto geológico semelhante ao da mina17

Tabela 2.2 – Dados de microsonda eletrônica (wt. %) representativos da composição química dos minerais de minério da mina Buraco do Ouro18

Tabela 2.3 – Características principais dos depósitos de ouro do tipo *intrusion-related* e da mina Buraco do Ouro (modificado de Groves *et al.*, 2003)27

CAPÍTULO 3

Table 3.1 – Chemical compositions (wt.%) of ore minerals from the Buraco do Ouro mine43

RESUMO

A região nordeste de Goiás apresenta diversas ocorrências, garimpos e minas de ouro, documentadas desde a primeira metade do século XVIII, ainda no período colonial. O minério localiza-se, principalmente, no domínio antes considerado como pertencente ao Complexo Granito-Gnáissico. Atualmente, sabe-se que esse domínio é formado por um amplo conjunto de granitos paleoproterozóicos que se distribuem no nordeste de Goiás e compõem a Suíte Aurumina. Tais granitos são peraluminosos, sintectônicos e do tipo-S e possuem idades em torno de 2,15 Ga. Além de ouro em Cavalcante e Aurumina, a Suíte Aurumina hospeda estanho e tântalo na região de Monte Alegre de Goiás e urânio na região de Campos Belos (GO) e Arraias (TO).

A mina Buraco do Ouro, na cidade de Cavalcante, é explorada de forma intermitente desde 1740. Está localizada numa zona de cisalhamento E-W, nas proximidades do contato entre o biotita-muscovita granito da Suíte Aurumina e sua rocha encaixante, pertencente à Formação Ticunzal, a qual é composta por xistos e paragneisses grafitosos. A zona de cisalhamento, que possui zonas silicificadas, sericitizadas e com alteração hidrotermal, foi gerada quase que concomitantemente às intrusões graníticas e desenvolve uma faixa de milonitos sobre o biotita-muscovita granito. O minério de Cavalcante ocorre nas proximidades do contato entre a Suíte Aurumina e a Formação Ticunzal. As rochas hospedeiras do minério são extremamente silicosas e micáceas, denominadas de muscovita-quartzo milonito, e foram desenvolvidas sobre o biotita-muscovita granito da Suíte Aurumina. A concentração de ouro e prata nos veios de quartzo atinge teores médios de 14 g/t e 8 g/t, respectivamente. A mina Buraco do Ouro é conhecida pela associação entre ouro e minerais de Elementos do Grupo da Platina (EGP), em que os EGP apresentam concentrações anômalas, que não são observadas nas demais ocorrências associadas à Suíte Aurumina. Os teores de Pt e Pd na mineralização aurífera de Cavalcante alcançam dezenas de ppm, entretanto, até agora, os platinóides nunca foram explorados como subproduto do ouro.

O minério aurífero de Cavalcante está relacionado com os seguintes minerais metálicos, em ordem de abundância: guanajuatita (Bi_2Se_3), ouro nativo, kalungaíta (PdAsSe), estibiopaladinita (Pd_5Sb_2), uraninita (UO_2), padmaíta (PdBiSe), sperrylita (PtAs_2), bohdanowiczita (AgBiSe_2) e claustalita (PbSe). A presença de calcopirita,

pirita, magnetita e hematita é rara, embora existam alguns bolsões de magnetita nas proximidades dos corpos de minério. Em geral, o ouro ocorre em grãos isolados, mas também se associa aos minerais metálicos. O intercrescimento simplectítico entre calcopirita, estibiopaladinita e guanajuatita, calcopirita e estibiopaladinita e ouro e kalungaíta é uma textura característica do minério e pode ser usado para o entendimento da gênese da mineralização.

O minério da mina Buraco do Ouro, bem como as demais mineralizações auríferas da região de Cavalcante, situa-se sempre próximo ao contato entre a Suíte Aurumina e a Formação Ticunzal. No caso da mina, as condições de óxido-redução no sistema exerceram papel importante na gênese e localização do minério de Au-EGP. Com base nas variações da fO_2 , três estágios podem ser sugeridos para a formação do minério. O primeiro estágio ocorreu sob baixas condições de fO_2 , o que permitiu a precipitação de sperrylita, estibiopaladinita e ouro. No segundo estágio, provavelmente o mais importante para a concentração de EGP, o aumento da fO_2 ocasionou a precipitação dos selenetos guanajuatita, kalungaíta, padmaíta e claustalita. No fim desse estágio, houve formação de magnetita e uraninita. No terceiro estágio, houve uma redução na fO_2 após a deposição dos óxidos e ocorreu o reequilíbrio das assembléias formadas no segundo estágio, a formação de fases ricas em Se e a geração de intercrescimento entre calcopirita, estibiopaladinita e guanajuatita.

Pode ser presumido que a fonte dos EGP são xistos e paragneisses da Formação Ticunzal. É provável que porções da bacia, onde se deu a deposição dessa formação, propiciaram o ambiente necessário para a geração de folhelhos negros, que são rochas argilosas e carbonosas, que podem ser originalmente enriquecidas em EGP. Possivelmente a mobilização desses elementos, para a gênese do minério, ocorreu via fluidos aquosos e pouco salinos.

A mina Buraco do Ouro possui algumas características importantes de depósitos de ouro do tipo *intrusion-related* como o ambiente compressional, a associação regional com depósitos de Sn, o baixo conteúdo de sulfetos no minério e a íntima associação do minério com o plúton granítico. Entretanto, existem algumas diferenças: (1) têm relação com magmatismo peraluminoso do tipo-S; (2), possuem associação metálica com Au-Pt-Pd-Se±Pb±Ag; e (3) não apresentam forte zonação. Mesmo com estas diferenças, o modelo genético proposto para o depósito Buraco do Ouro é do tipo relacionado à intrusão. Contudo, trata-se de um depósito do tipo *intrusion-related* com forte influência das rochas encaixantes na geração do minério.

A associação Au-EGP hospedada em zona de cisalhamento desenvolvida sobre biotita-muscovita granito, sem assinatura geoquímica de rochas ultramáficas, constitui uma associação não convencional de platinóides.

PALAVRAS CHAVE: mina Buraco do Ouro, selenetos, ouro, EGP, granito.

ABSTRACT

Gold occurrences and mines are documented in the northeastern part of Goiás State since the beginning of the 18th century. The main mineralizations are associated to Paleoproterozoic peraluminous, syn-tectonic granites of the Aurumina Suite and their metasedimentary graphite-bearing country rocks of the Ticunzal Formation. Besides gold mineralizations, the Aurumina Suite hosts Sn and Ta mineralizations in Monte Alegre de Goiás and U mineralizations in Campos Belos, and Arraias in the State of Tocantins.

The Buraco do Ouro gold mine is located near the Cavalcante city downtown and although the deposit has been exploited sporadically since 1740 by small miners, the improvement of underground operations only occurred in the 1970s. The deposit is hosted in muscovite-quartz mylonite in an E-W trending shear zone near the contact between the 2.15Ga biotite-muscovite granite of the Aurumina Suite and paragneiss and schists of the Ticunzal Formation. Hydrothermal alterations in both granite and country rocks are sericitization and silicification, with minor potassification in the last ones. The mineralization is considered to be synchronous to the syn-tectonic granite intrusion, during syn-emplacement shearing and alteration. The gold and silver concentration reach 14g/t and 8g/t, respectively. In this mine, the association between granitic rocks and PGE-bearing gold mineralization is uncommon and unique in the Aurumina Suite and Ticunzal Formation context. Although Pt and Pd concentrations in the Cavalcante gold deposit reach hundred of ppm, these metals were never exploited as a gold subproduct.

The Buraco do Ouro Au-PGE deposit as well as all the gold mineralizations in the northeastern part of the Goiás State are located near the contact between the Aurumina Suite granites and the Ticunzal Formation metasedimentary country rocks. In Cavalcante, the mineralized mylonite is considered of granitic origin because the presence of magmatic muscovite clasts and because their similar REE patterns. Although Pd and Pt minerals are known only in Cavalcante, PGE anomalies have a regional distribution, hosted in peraluminous granite, schists and paragneisses as well as in their mylonites. Chondrite normalized Au, Pd, Pt and Rh patterns are also similar in

granite and mylonites samples from the Buraco do Ouro mine and elsewhere. The source of PGE in this uncommon association is probably related to the graphite-rich metasedimentary rocks, interpreted as having been derived from anoxic marine sediments, which crops out near the Buraco do Ouro mine and is intruded by the peraluminous granite. These sediments are similar to marine black shales, that have been reported in the literature as important concentrators of platinum group elements (PGE). The role of the peraluminous granite magmatism is not completely understood, but should be, at least, the source of part of mineralizing fluids, in an environment involving also the participation of fluids from the country rocks during syn-magmatic shearing.

The ore mineralogy in the deposit consists of native gold, guanajuatite (Bi_2Se_3), unnamed Ag-Pb-Bi-Se minerals, kalungaite (PdAsSe), stibiopalladinite (Pd_5Sb_2), uraninite (UO_2), padmaite (PdBiSe), sperrylite (PtAs_2), bohdanowiczite (AgBiSe_2) and clausthalite (PbSe). Chalcopyrite, pyrite, magnetite, and hematite are rare although there is some magnetite pockets near the orebodies. Generally the gold occurs as individual grains or associated with PGE-minerals, selenides, and rarely uraninite. Kalungaite is a mineral species recently discovered in the Buraco do Ouro mine and uraninite is for the first time recognized in this mineral assemblage. The mineral assemblage, the textural relationships and the intergrowths among gold, PGE-minerals, and selenides indicate a three stages mineralization controlled by $f\text{O}_2$ variation, with Au, Pd, Pt, As and Sb precipitation in a early reducing stage, followed by an increasing in the $f\text{O}_2$ conditions and precipitation of selenides, uraninite, and magnetite. A late stage is characterized by a $f\text{O}_2$ decreasing and reequilibrium of previous assemblages.

The Buraco do Ouro gold mine has the following important characteristics of intrusion-related gold deposits: the compressional environment; the association with Sn deposits; the low sulfide content in the ore; and the strong association of the gold mineralization with the granitic pluton. However, there are also important differences: the probably continent-continent collisional environment; the relation to a peraluminous S-type magmatism; the Au-Pt-Pd-Se±Pb±Ag metallic association; and the lack of strong metal zoning. In spite of these differences, the Buraco do Ouro gold deposit is considered an intrusion-related deposit with strong influence of the country rocks in the ore generation. The PGE association hosted in a shear zone, located in a biotite-muscovite granite, near the contact with graphite-bearing metasedimentary rocks,

without geochemistry signature of ultramafic rocks, represent an unconventional small PGE deposit.

KEY WORDS: Buraco do Ouro gold mine, selenides, gold, PGE, granite.

INTRODUÇÃO

Capítulo 1

INTRODUÇÃO

1.1 – APRESENTAÇÃO

Na porção nordeste do estado de Goiás são documentadas, desde o início do século XVIII, diversas ocorrências, garimpos e minas de ouro que se associam ao conjunto de granitos paleoproterozóicos pertencentes à Suíte Aurumina (Botelho *et al.*, 2006a). Tal suíte é formada por granitos peraluminosos, sin-tectônicos e do tipo-S, com idades em torno de 2,15 Ga (Botelho *et al.*, 2006a). O minério está hospedado nas proximidades do contato entre o granito e a sua rocha encaixante metassedimentar da Formação Ticunzal. Além de mineralizações auríferas em Cavalcante e Aurumina, essa suíte hospeda estanho e tântalo na região de Monte Alegre de Goiás. Contudo, a maioria dos depósitos de Sn está associada aos granitos estaníferos e anorogênicos de idade paleo/mesoproterozóica que compõem a Suíte Pedra Branca. As principais minas e garimpos de ouro associados à Suíte Aurumina são: mina Buraco do Ouro, em Cavalcante, mina de Aurumina, em Nova Roma, e garimpos do Novo Horizonte e Tucano, em Monte Alegre. A presença de depósitos auríferos, somado a importância desses granitos à compreensão da evolução geotectônica da região, faz da área um alvo para diversos estudos com fins acadêmicos e prospectivos.

A mina Buraco do Ouro apresenta, além do ouro, concentrações anômalas de platinóides. O minério está hospedado em muscovita-quartzo milonito, desenvolvido sobre biotita-muscovita granito da Suíte Aurumina. Segundo dados da Penery Mineração Ltda, na mina, a concentração de ouro nos veios de quartzo alcança teores médios de 14 g/t e associa-se à prata, cujo teor médio é de 8 g/t.

Esta Dissertação de Mestrado será apresentada na forma de artigos científicos a serem submetidos em revistas de circulação internacional. O primeiro artigo trata do depósito de Cavalcante de maneira geral, ressaltando a relação da mineralização com os granitos peraluminosos da Suíte Aurumina e sua rocha encaixante metassedimentar, a fonte proposta para os metais e um possível modelo metalogenético. O segundo artigo, já redigido em inglês, refere-se à composição mineralógica do minério considerando os

controles para a formação de arsenetos, antimonetos e selenetos e as condições físico-químicas para a deposição dos metais, e ainda sugere a composição dos fluídos portadores de Au, Pt e Pd. Entretanto, ambos os artigos não serão apresentados na forma de submissão às revistas e, sendo assim, possuem suas ilustrações entre o texto com o intuito de facilitar a leitura e o entendimento dos mesmos. Esta dissertação será apresentada em 4 capítulos, sendo dois referentes a cada um dos artigos, e os outros dois à Introdução e às Conclusões.

1.2 – OBJETIVOS E JUSTIFICATIVAS

A mineralização aurífera de Cavalcante é a única, dentre as demais mineralizações associadas à Suíte Aurumina, que ocorreu associada com minerais de Elementos do Grupo da Platina (EGP), em que as concentrações de Pt e Pd alcançam dezenas de ppm (Botelho & Silva, 2005). Na Mina Buraco do Ouro, tanto o ouro como os minerais do grupo da platina estão hospedados em rochas extremamente silicosas e micáceas denominadas de muscovita-quartzo milonito, desenvolvido sobre biotita-muscovita granito. O depósito possui, além do ouro nativo, uma associação mineral rara e complexa constituída de: guanajuatita (Bi_2Se_3), kalungaíta (PdAsSe), estibiopaladinita (Pd_5Sb_2), padmaíta (PdBiSe), sperrylita (PtAs_2), bohdanowiczita (AgBiSe_2) e claustalita (PbSe). A kalungaíta é um novo mineral descrito na mina por Botelho *et al.* (2006b). Ainda existem fases ricas em Pb, Ag, Bi e Se, até agora indefinidas, associadas a guanajuatita. A associação entre ouro e platinóides é bastante incomum em rochas graníticas.

Devido ao caráter anômalo da associação ouro-EGP-granito e das dúvidas quanto à fonte dos metais, a área ofereceu um tema original para um trabalho de pós-graduação, em que os principais objetivos foram a caracterização das mineralizações, a investigação do papel do granito e da rocha encaixante metassedimentar grafitosa no processo mineralizador e, ainda, a proposta de um modelo genético para o depósito Buraco do Ouro.

1.3 - LOCALIZAÇÃO E VIAS DE ACESSO

A área estudada situa-se na porção nordeste do estado de Goiás, no município de Cavalcante.

O acesso rodoviário, a partir de Brasília, dá-se através da rodovia federal BR-020 em direção a Formosa, até seu entroncamento com a rodovia estadual GO-118. Segue-se nesta rodovia até a cidade de Teresina de Goiás, tomando-se então a GO-241, com destino a Cavalcante (Figura 1.1).

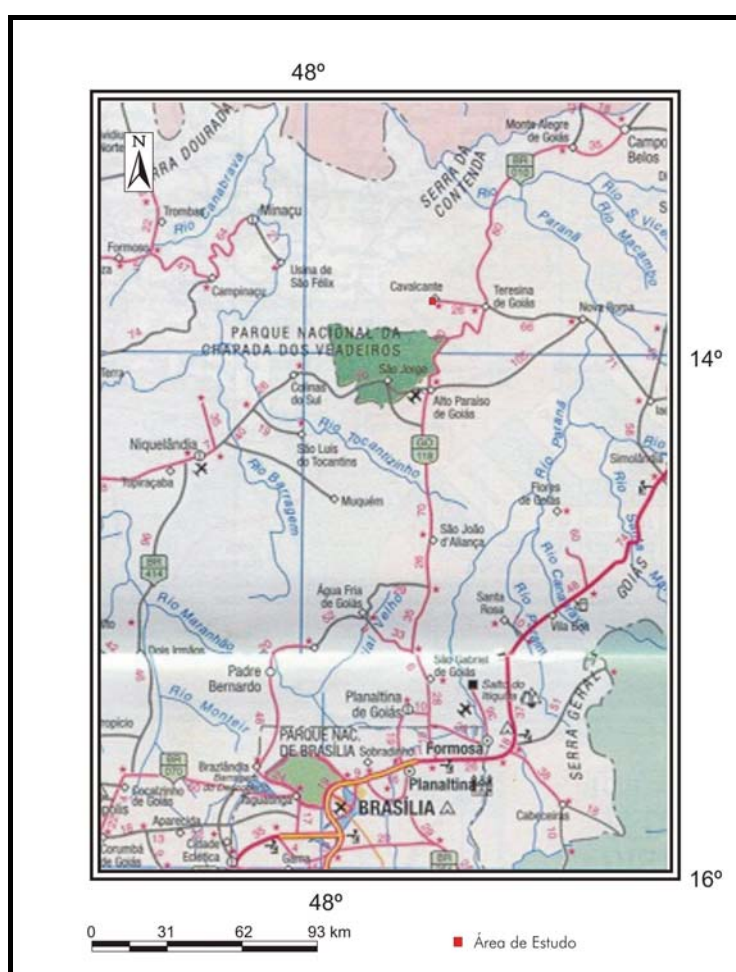


Figura 1.1 – Mapa de localização da área de estudo, mostrando as principais vias de acesso. A mina Buraco do Ouro fica localizada na área urbana da cidade de Cavalcante.

1.4 – METODOLOGIA

A metodologia adotada na parte inicial deste trabalho foi a de revisão bibliográfica com a finalidade de conhecer e entender melhor tanto os ambientes quanto os sistemas metalogenéticos relacionados ao ouro e platinóides. Para tal compreensão,

foram lidos diversos textos e artigos científicos sobre granitos peraluminosos, mineralizações auríferas associadas a granitos, mineralizações auríferas com enriquecimento em platinóides associadas a folhelhos negros, condições físico-químicas para a mobilidade de ouro e EGP, bem como artigos sobre a região de Cavalcante e exemplos mundiais de depósitos relacionados a esses tipos de mineralização.

No período entre 5 e 9 de fevereiro de 2007, foi realizado um trabalho de campo na mina e na região de Cavalcante, com a intenção de recolher amostras da zona mineralizada, da rocha encaixante e do granito peraluminoso e, ainda, visitar pontos importantes para esta dissertação, como antigos garimpos e locais com anomalias de ouro, detectadas pelo mapeamento feito pela Penery Mineração Ltda em 1984. Também foram descritas amostras de testemunhos de sondagem. As amostras de galeria foram coletadas pelo orientador durante o Trabalho Final de Graduação da Universidade de Brasília, em 1998. Também foram descritas e analisadas algumas amostras regionais coletadas nesse trabalho pelos alunos de graduação. Como a mina está desativada e inundada, não foi possível uma nova etapa de amostragem no interior da mesma.

As amostras de rocha foram preparadas para a confecção de lâminas delgadas e seções polidas, e para realização de análises químicas. As lâminas delgadas e seções polidas foram confeccionadas, a partir das amostras coletadas na etapa de campo, no Laboratório de Laminação do Instituto de Geociências da UnB – IG/UnB após a serragem apropriada das mesmas no referido laboratório. As amostras para geoquímica foram previamente britadas e pulverizadas no laboratório de preparação de amostras do IG/UnB. Para este tipo de análise, geralmente o material britado passa por uma etapa de quarteamento antes da pulverização, porém, devido ao pequeno volume das amostras, tal etapa foi descartada. As amostras foram pulverizadas em panela de ágata para evitar a contaminação por W, Co e, em menores proporções, por Cr, presente quando a pulverização se dá em panela de wídia.

As análises químicas dos elementos maiores, menores, traços, ETR, ouro, platina e paládio foram feitas do Laboratório ACME, no Canadá. Os elementos maiores foram analisados por ICP-AES, após fusão com metaborato de lítio (LiBO_2). Os elementos menores e as terras raras foram analisados por ICP-MS, após o mesmo tipo de fusão usada nos elementos maiores, exceto para os metais base e preciosos, cuja extração foi feita por digestão com água régia. Au, Pt e Pd foram analisados por ICP-MS, após fusão por *fire assay* e coleção por chumbo.

O estudo petrográfico, realizado no Laboratório de Microscopia do IG/UnB usando um microscópio petrográfico, foi feito tanto nas amostras coletadas na etapa de campo quanto nas amostras cedidas pelo orientador e coletadas, anteriormente, no interior da mina. Este estudo permitiu a observação dos minerais, textura, relações de contato entre os grãos, tamanho dos grãos e alteração dos minerais, além de permitir o registro dos diversos tipos de associação e intercrescimentos entre ouro e os minerais do grupo da platina. Ainda nesta etapa foram tiradas fotografias ilustrativas das lâminas e seções.

Análises pontuais nos minerais foram feitas nas lâminas e seções com o uso do microscópio eletrônico de varredura com EDS acoplado do DITEC-Polícia Federal e da microsonda eletrônica CAMEBAX SX-50 do IG/UnB. As análises, de caráter quantitativo, foram feitas em filossilicatos (muscovita e biotita), ouro, arsenetos, antimonetos e nos diversos selenetos presentes. As micas foram analisadas sob condições de voltagem 15KV, corrente de 25nA e tempo de contagem de 10s, com o programa analítico do laboratório usado para silicatos. As condições de análise para os minerais metálicos foram de 20KV, corrente de 40nA e tempo de contagem variável para cada elemento. Os padrões utilizados foram minerais naturais (Mn-hortonolita para Si, Mg, Fe e Mn, anortita para Al, Ca e Na, microclínio para K, Ba-feldspato para Ba, pirita para S e Fe, calcopirita para Cu e galena para Pb) e sintéticos (Zn-seleneto para Se, rutilo para Ti, Sr-anortita para Sr, cloro-apatita para Cl, esfalerita para Zn e Fe-arseneto para As). Os elementos Au, Ag, Bi, Sb, Pt e Pd foram analisados a partir de padrões com suas formas metálicas nativas.

Mineralização não convencional de Au-EGP
relacionada a granitos peraluminosos da
mina Buraco do Ouro, Cavalcante, estado
de Goiás, Brasil

Capítulo 2

MINERALIZAÇÃO NÃO CONVENCIONAL DE Au-EGP RELACIONADA A GRANITOS PERALUMINOSOS DA MINA BURACO DO OURO, CAVALCANTE, ESTADO DE GOIÁS, BRASIL

2.1 – INTRODUÇÃO

A mina Buraco do Ouro, localizada na cidade de Cavalcante, porção nordeste do estado de Goiás, foi descoberta no século XVIII e vem sendo explorada de forma intermitente desde então (Figura 2.1). Embora não existam dados científicos dessa época, sabe-se que o depósito foi inicialmente minerado por garimpeiros, que concentraram suas atividades extrativas no minério superficial. Apesar da grande competência da rocha hospedeira e das condições precárias de extração do minério, a cava atingiu aproximadamente 200 metros de extensão, indicando que, mesmo com as dificuldades de extração, a mina foi economicamente viável. Na década de 1970 foi registrada uma exploração subterrânea rudimentar realizada ainda por garimpeiros. A partir desta década, o minério de Cavalcante se tornou mais bem conhecido e mais atrativo devido ao crescimento da exploração subterrânea. No início do ano de 1980, a mina Buraco do Ouro passou a ser explorada pela Cavalcante Mineração, que aprofundou o shaft até 70 metros de profundidade explotando o corpo mineralizado conhecido, atualmente, por Buracão. Entre 1983 e 1985, a BP Mineradora, em associação com a Cavalcante Mineração, realizou trabalhos de pesquisa que detectaram a associação entre ouro e Elementos do Grupo da Platina (EGP), primeiramente divulgada por Marchetto *et al.* (1993), e realizou uma campanha de sondagens, que interceptou um corpo mineralizado posteriormente denominado de Corpo Câmara. No período entre 1995 e 1997, foi descoberto mais um corpo mineralizado, o Corpo do Túnel, localizado entre os dois outros corpos de minério. Em janeiro de 1998, a Penery Mineração Ltda adquiriu a mina e os trabalhos continuaram até maio 1999. Tais trabalhos propiciaram a delimitação de dois novos alvos, Esperança I e II, ainda não explotados. Desde então a mina Buraco do Ouro está desativada.

De acordo com dados da Penery Mineração Ltda, a concentração de ouro na mina Buraco do Ouro alcança teores médios de 14g/t, e está associada à prata, cujo teor médio é de 8g/t. Segundo as informações obtidas das galerias e dos testemunhos de sondagem, a reserva do depósito de Cavalcante totaliza aproximadamente 500 milhões de toneladas de minério com volume total superior a 3 ton de Au (Mandetta & Barros Neto, 2006). Mesmo com teores da ordem de dezenas de ppm, os platinóides nunca foram extraídos como subproduto do ouro.

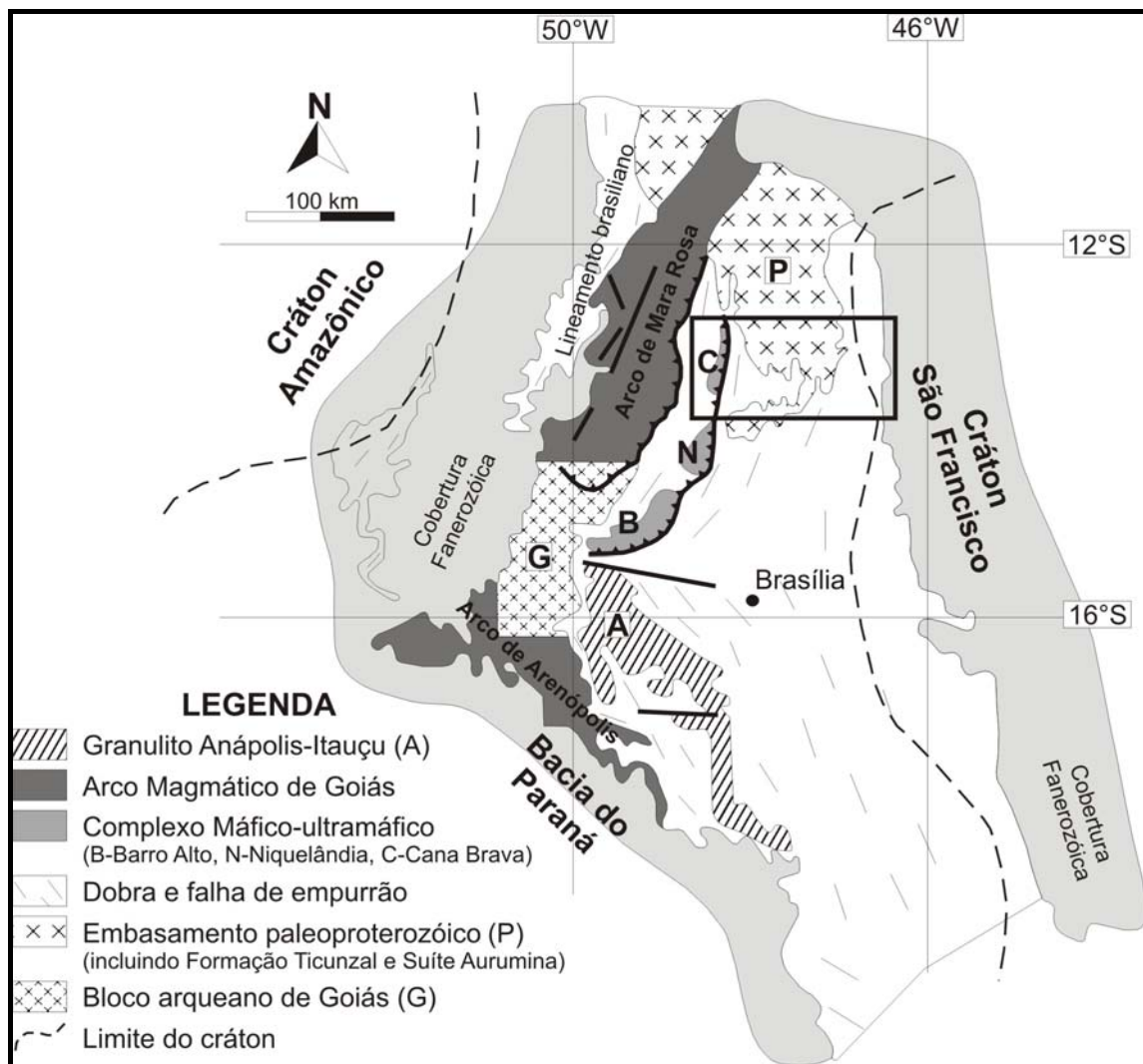


Figura 2.1 – Mapa geológico da região nordeste de Goiás no contexto da Província Tocantins (modificado de Pimentel *et al.*, 2006). A área em destaque localiza a Figura 2.2, onde está a região de Cavalcante.

O depósito de ouro de Cavalcante apresenta concentrações anômalas de EGP. O minério de Au-EGP da mina está hospedado em muscovita-quartzo milonito desenvolvido sobre granitos paleoproterozóicos, peraluminosos e do tipo-S que

pertencem ao conjunto de granitos amplamente distribuído no nordeste de Goiás, denominado de Suíte Aurumina (Botelho *et al.*, 2006a). Além de mineralizações auríferas, esses granitos hospedam estanho e tântalo na região de Monte Alegre de Goiás. Várias anomalias, ocorrências e depósitos de ouro, sem associação com platinóides, são conhecidos na região em estreita relação com granitos da Suíte Aurumina (Botelho & Silva, 2005; Cunha, 2006) (Figura 2.2). O minério de Cavalcante está localizado nas proximidades do contato entre o granito e sua rocha encaixante da Formação. Esta zona de cisalhamento formou-se aproximadamente a época da intrusão dos granitos da Suíte Aurumina, já que, como afirmado por D’el Rey Silva & Senna Filho (1998), os corpos de minério são contemporâneos ao cisalhamento.

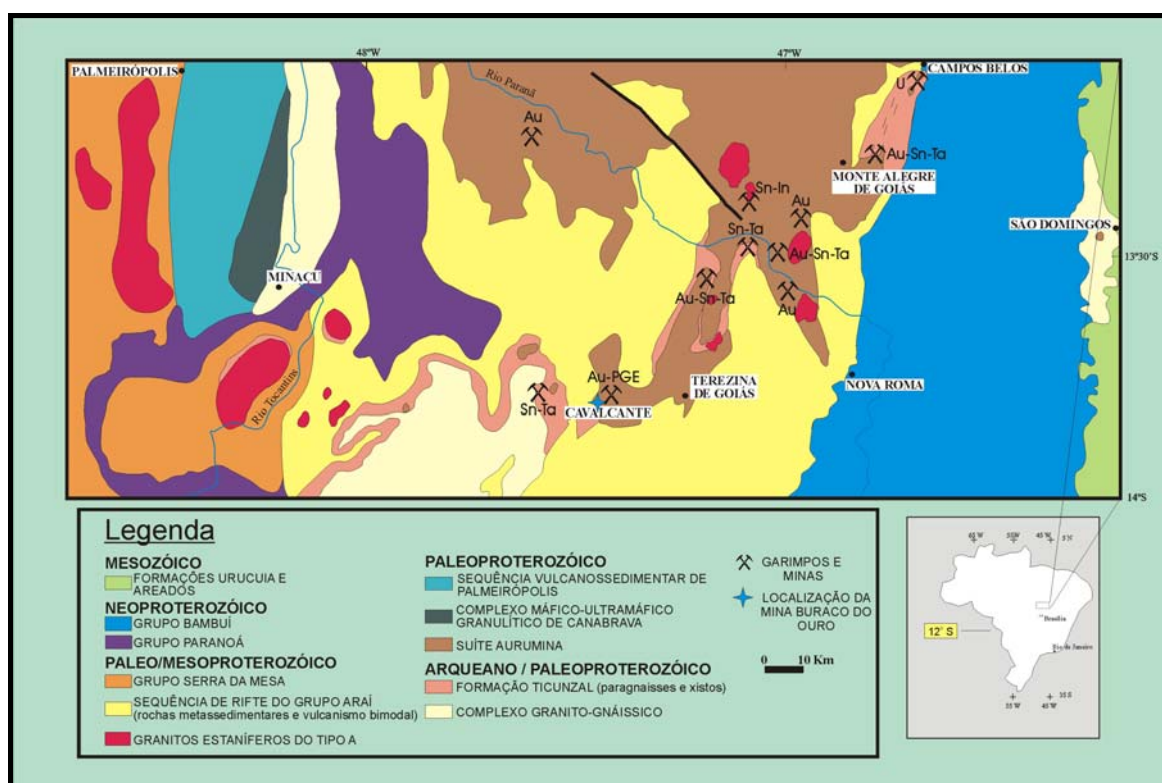


Figura 2.2 – Mapa geológico da porção nordeste de Goiás com destaque para as principais mineralizações associadas à Suíte Aurumina e localização da mina Buraco do Ouro, na cidade de Cavalcante (adaptado de Botelho & Silva, 2005).

Muitas especulações já foram feitas sobre a origem da mineralização e o tipo de rocha hospedeira do minério de Au-EGP de Cavalcante. Por exemplo, alguns autores consideraram que a rocha hospedeira é proveniente da alteração/deformação de metatufos ácidos arqueanos (Marchetto *et al.*, 1993) e outros sugeriram quartzitos mesoproterozóicos como o protólito (D’el Rey Silva & Senna Filho, 1998). Neste trabalho, serão abordadas, além da geologia da região de Cavalcante e sua relação com a

mineralização de Au-EGP, a origem da rocha hospedeira, a possível fonte da mineralização e o modelo metalogenético proposto para o depósito.

2.2 – CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL

A região de Cavalcante está inserida no contexto setentrional da zona externa da Faixa Brasília, que é uma extensa faixa de dobramentos de idade neoproterozóica no Brasil Central (Costa & Angeiras, 1971; Fuck *et al.*, 1994). Tal faixa pertence à Província Tocantins, que está situada entre a Bacia do Paraná e os crátons Amazônico e São Francisco (Almeida *et al.*, 1981) (Figura 2.1). Na região de Cavalcante aflora o embasamento da Faixa Brasília, formado pela Formação Ticunzal, Suíte Aurumina, Suíte Pedra Branca e Grupo Araí. A Suíte Pedra Branca é intrusiva na Formação Ticunzal e na Suíte Aurumina, enquanto o Grupo Araí recobre discordantemente estas unidades litológicas. As rochas vulcânicas basais do Grupo Araí e os granitos mais antigos da Suíte Pedra Branca foram gerados há cerca de 1,77 Ga (Pimentel & Botelho, 2001), sendo desta forma, mais jovens que a mineralização.

A Formação Ticunzal (Marini *et al.*, 1978) é uma unidade metassedimentar formada por xistos grafitosos, mica xistos e biotita gnaisses que gradam para o topo para quartzo xistos, turmalina xistos e, em menor proporção, quartzitos micáceos e metarcóseos. O provável ambiente de deposição da Formação Ticunzal, sugerido pela abundante presença de grafita, é marinho restrito de águas quentes e salgadas. O metamorfismo, indicado pelas assembléias mineralógicas com grafita e fenoblastos de granada, é da fácies anfíbolito. Porém, a associação mineral dominante é retrometamórfica, indicativa de fácies xisto-verde. Também ocorre metamorfismo de contato, em auréolas com andaluzita, ao redor das intrusões das suítes Aurumina e Pedra Branca. Na parte nordeste do estado de Goiás, os xistos grafitosos da Formação Ticunzal hospedam urânio tanto em veios quanto associado a falhas. A Formação Ticunzal é mais antiga que 2,17 Ga, que é a idade dos granitos mais antigos da região e, sua idade-modelo T_{DM} , entre 2,5 e 2,8 Ga, indica fonte predominantemente arqueana (Botelho *et al.*, 2006a).

A Suíte Aurumina é composta por muscovita monzogranitos, muscovita-biotita monzogranitos, tonalitos, biotita sienogranitos e leucogranitos e pegmatitos com turmalina. São granitos paleoproterozóicos (2,12-2,17 Ga – U-Pb em zircão), sincollisionais e peraluminosos do tipo-S (Botelho *et al.*, 2006a). Os granitos mais antigos

(~2,17 Ga) da Suíte Aurumina são intrusivos de forma concordante com a foliação das rochas metassedimentares da Formação Ticunzal (Botelho *et al.*, 1999; Dardenne & Schobbenhaus, 2001), enquanto que os mais jovens (~2,12 Ga) são intrusivos de forma discordante tanto com a Formação Ticunzal quanto com os milonitos dos granitos mais antigos (Moura & Silva, 2005). Pulsos tardios diferenciados associados a esses granitos podem ser observados pela ocorrência de fases leucocráticas (Campos & Dardenne, 1999). Segundo Botelho *et al.* (1999), os granitos da Suíte Aurumina apresentam coloração cinza, granulação média a grossa e foliação proeminente. Sua composição é representada por quartzo, microclínio perfitico, plagioclásio, biotita e muscovita, com enclaves de grafita. A idade-modelo Sm-Nd está entre 2,4 e 2,6 Ga e $\epsilon_{Nd}(T)$ entre -1 e -3 (Botelho *et al.*, 2006a). Estes dados e a ocorrência de muscovita e granada ígneas indicam fonte crustal paleoproterozóica para a origem dos granitos da Suíte Aurumina (Botelho *et al.*, 2006a). Considerando as características químicas, as idades obtidas e as relações de contato dos granitos com a Formação Ticunzal, Botelho *et al.* (1999) inferem que essa suíte seja derivada de magmatismo predominantemente sin-colisional durante o Ciclo Transamazônico.

A Suíte Pedra Branca é formada pelos corpos graníticos Pedra Branca, Mocambo, Mangabeira, Mendes, Sucuri e Soledade, que são intrusivos na Suíte Aurumina e na Formação Ticunzal (Marini & Botelho, 1986; Marini *et al.*, 1992). São granitos do tipo-A, de idade paleoproterozóica da Província Estanífera de Goiás, com depósitos de estanho hospedados em zonas de cúpola albitizadas e greisenizadas (Marini *et al.*, 1992; Botelho & Moura, 1998). Esta suíte foi dividida em subsuíte pb1 com idade de 1,77 Ga e em subsuíte pb2, com idade entre 1,5 e 1,6 Ga (Pimentel *et al.*, 1991; Botelho & Moura, 1998).

O Grupo Araí é constituído por uma sequência de rifte, formada por rochas metassedimentares e rochas metavulcânicas ácidas e básicas. Seu contato com a Suíte Aurumina e a Formação Ticunzal dá-se por discordância erosiva e angular (Dardenne, 2000), enquanto que, com a Suíte Pedra Branca, o contato é tectônico e não são observadas relações intrusivas entre os granitos e as rochas da sequência de rifte. As rochas vulcânicas ácidas do Grupo Araí possuem idades U-Pb em zircão de cerca de 1,77 Ga (Pimentel *et al.*, 1991), indicando sua contemporaneidade com os granitos pb1 da Província Estanífera de Goiás. Já os granitos estaníferos anorogênicos mais jovens, ou seja, os granitos da subsuíte pb2, datados de 1,5-1,6 Ga (Pimentel *et al.*, 1991), são relacionados com a reativação do Rifte Araí.

2.3 – CONTEXTO GEOLÓGICO DA MINA BURACO DO OURO

A mina Buraco do Ouro é parte de uma zona de cisalhamento E-W desenvolvida sobre a Formação Ticunzal e o biotita-muscovita granito da Suíte Aurumina. As relações de contato entre o granito e as rochas encaixantes da Formação Ticunzal estão bem preservadas nas proximidades da mina, onde estruturas do tipo *lit-par-lit* (Figura 2.3) indicam o caráter sin- a tardi-tectônico do biotita-muscovita granito. O depósito localiza-se nas proximidades do contato entre o granito e sua rocha encaixante, e acha-se hospedado em muscovita-quartzo milonito desenvolvido sobre o granito (Figura 2.4). Na mina não existem corpos de minério conhecidos hospedados na Formação Ticunzal.

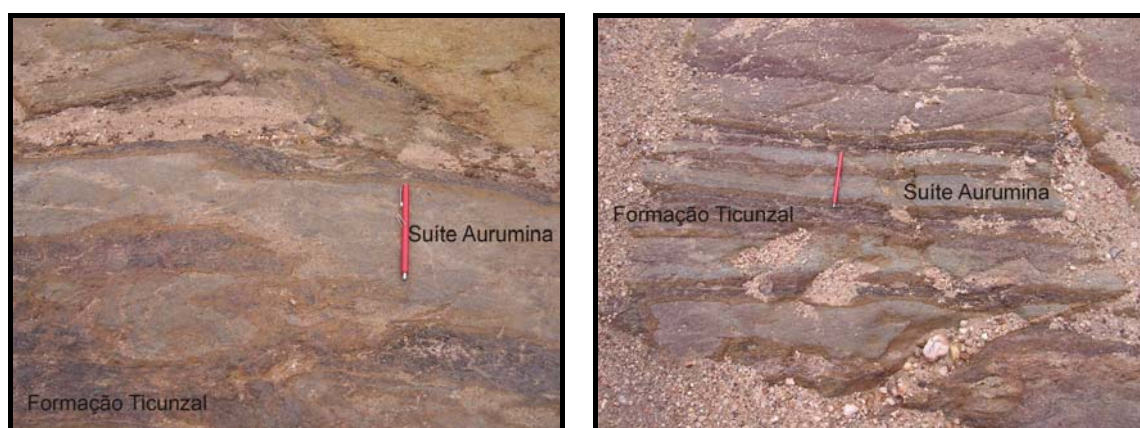


Figura 2.3 – Fotografias ressaltando a estrutura *lit-par-lit* entre o granito da Suíte Aurumina e o xisto da Formação Ticunzal em afloramento nas proximidades da mina.

Os corpos mineralizados são sigmoidais (Figura 2.5), acompanham a foliação S dos milonitos, que possui atitude N10-20°E, 85°SE, e são contemporâneos ao desenvolvimento da zona de cisalhamento (D’el Rey Silva & Senna Filho, 1998). Hippertt & Massucatto (1998) sugerem que as mineralizações auríferas da região de Cavalcante estejam relacionadas a *extension gashes* quilométricos desenvolvidos durante a formação da zona de cisalhamento. As relações entre minério e rocha encaixante, zona de cisalhamento e idade da muscovita são favoráveis à interpretação de D’el Rey Silva & Senna Filho (1998), exceto pela idade brasileira, já que Massucatto (2003) apresenta idade Ar-Ar de formação da muscovita do minério de, no mínimo, 1,8 Ga. Considerando as relações texturais encontradas na mina, o caráter sempre estéril dos bolsões de quartzo e as propostas de D’el Rey Silva & Senna Filho (1998) e Hippertt &

Massucatto (1998), é provável que grande parte da silicificação presente no depósito Buraco do Ouro seja posterior à mineralização, levando ao preenchimento de fraturas extensionais desenvolvidas sobre a antiga zona de cisalhamento, provavelmente durante sua reativação pela deformação brasileira.

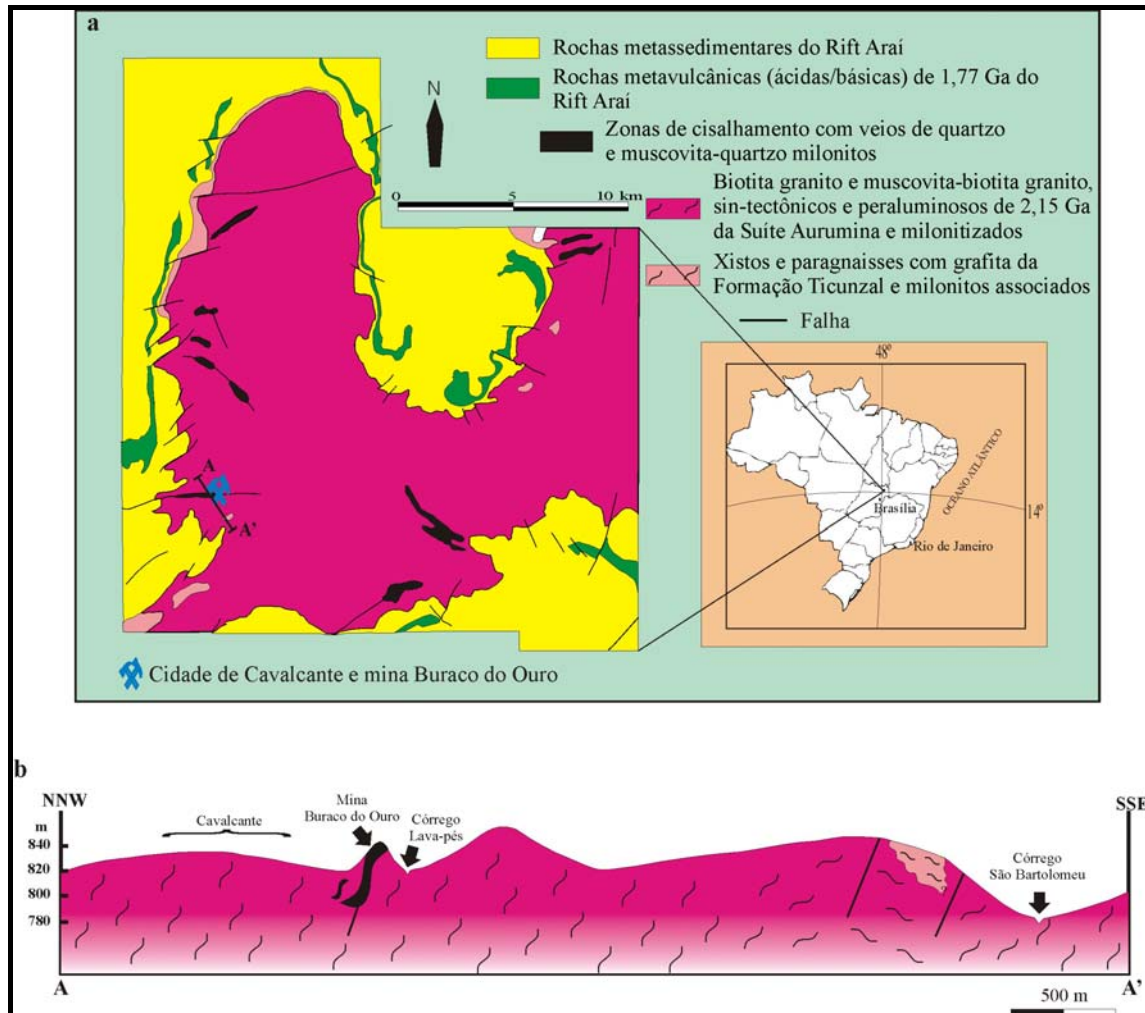


Figura 2.4 – (a) Mapa geológico da região de Cavalcante, mostrando a localização do minério (após Botelho *et al.*, 2006b). (b) Perfil geológico esquemático A-A' indicado na Figura 2.4a.

As amostras do minério, em geral, são brancas, possuindo porções com tons mais esverdeados ou mais azulados dependendo da cor da muscovita presente. O ouro e minerais de EGP associam-se à porção formada pela muscovita cinza azulado escuro e pequenos grãos de quartzo. É provável que a cor escura dessa muscovita seja resultado da presença dos minerais de minério que são opacos e estão dispersos entre suas lamelas (Figura 2.6a, b e c).

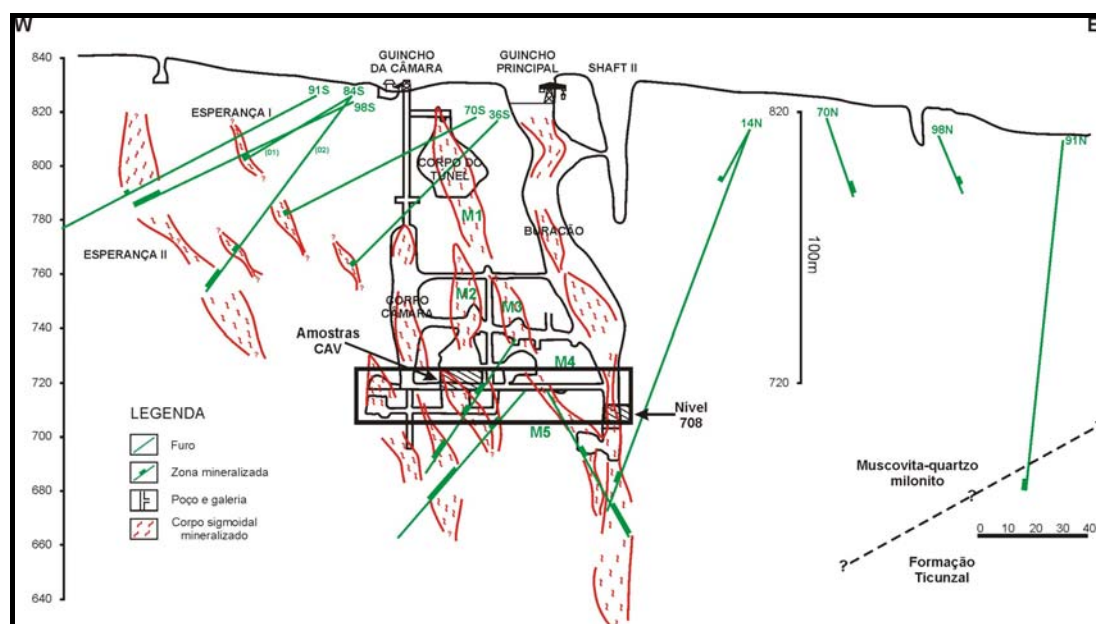


Figura 2.5 – Perfil esquemático da mina Buraco do Ouro, mostrando os corpos mineralizados já explorados e aqueles apenas identificados por sondagens (modificado de relatório interno da Peryer Mineração Ltda). A área em destaque refere-se à porção da mina amostrada em 1998 (amostras CAV e W1-708). No perfil, também é indicado o contato entre o muscovita-quartzo milonito e o paragneisse da Formação Ticunzal, observado no furo 91N.

Apesar de os milonitos serem extremamente silicosos, considera-se que são provenientes do cisalhamento do granito, pois ainda apresentam raros restos de feldspato potássico e de muscovita magmática (Figura 2.6d). Comumente, as lamelas desta muscovita são maiores que 0,3 mm e se destacam na rocha por estarem discordantes da foliação ou inclusas em grãos de quartzo. Além do critério textural, a natureza magmática das grandes lamelas de muscovita é sugerida pela sua elevada concentração de TiO_2 , de acordo com critérios de Miller *et al.* (1981), Monier & Robert (1986) e Botelho *et al.* 2002 (Figura 2.7). A idade Ar-Ar de, no mínimo, 1,8 Ga, obtida por Massucatto (2003) para a muscovita do minério, contradiz as sugestões de Massucatto (1997) e Hippertt & Massucatto (1998) de que a idade da mineralização seria brasileira. Entretanto, a idade de 1,8 Ga é mais jovem do que a idade de 2,15 Ga, atribuída ao granito da Suíte Aurumina, provavelmente devido ao reaquecimento e à abertura do sistema Ar-Ar, durante o magmatismo do Rifte Araí, cuja idade é 1,77 Ga (Pimentel e Botelho, 2001).

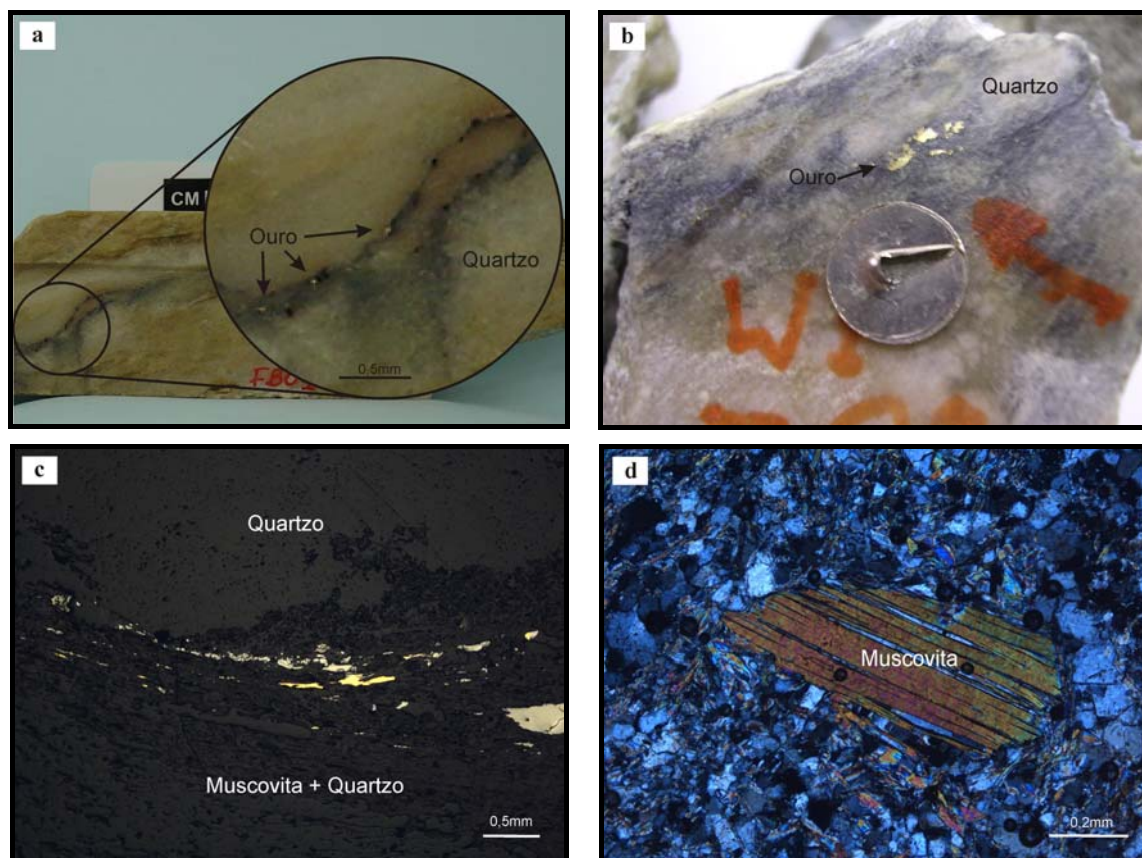


Figura 2.6 – Fotografias de amostras da mina Buraco do Ouro. **(a)** Fotografia mostrando os filonetes escuros ricos em muscovita cinza azulado escuro e associados aos minerais metálicos de parte do testemunho de sondagem do furo FB-1 a uma profundidade aproximada de 49,5 metros. **(b)** Amostra de mão do nível 708 (Veja Figura 2.5 para localização) que também mostra os filonetes escuros. **(c)** Fotomicrografia ressaltando os minerais opacos acompanhando a foliação da rocha. **(d)** Fotomicrografia de lamela de muscovita magmática do muscovita-quartzo milonito.

Três corpos já foram total ou parcialmente lavrados na mina Buraco do Ouro: Corpo do Túnel, Corpo Câmara e Buracão, entretanto outros dois, Esperança I e II, já foram localizados por meio de sondagens (Figura 2.5). D’el Rey Silva & Senna Filho (1998) informam que os teores de ouro nos corpos sigmóides atingem valores de até 100 ppm, enquanto na zona de cisalhamento, são da ordem de 4 ppm. Dados atuais, deste trabalho (Tabela 2.1) e da Penery Mineração Ltda, mostram concentrações acima de 100 ppm nas zonas mais ricas e um teor médio de 14 ppm.

O minério da mina Buraco do Ouro, além de ouro, possui uma composição mineralógica exótica formada por selenetos, antimonetos e arsenetos de Pt, Pd e Bi que, em ordem de abundância, são: guanajuatita, kalungaíta, estibiopaladinita, padmaíta, sperrylita, bohdanowiczita e claustalita (Tabela 2.2). Dentre estes, a kalungaíta é um novo mineral, recentemente caracterizado na mina Buraco do Ouro por Botelho *et al.* (2006b).

Tabela 2.1 – Análises químicas de Au e EGP de rochas da mina Buraco do Ouro, região de Cavalcante e rochas distantes da região, porém com contexto geológico semelhante ao da mina. (n.a. = elemento não analisado).

| Elemento | Au | Pt | Pd | Rh |
|---|------------|------------|------------|------------|
| Amostras | ppb | ppb | ppb | ppb |
| CAV 1 – Muscovita-quartzo milonito (mina) | > 5000 | > 5000 | > 5000 | 3351 |
| CAV 2 – Muscovita-quartzo milonito (mina) | 5,0 | 32,9 | 47,9 | 14,6 |
| CAV 2A – Muscovita-quartzo milonito (mina) | 22,0 | 30,7 | 47,8 | 1,6 |
| F70N1-32,15 – Muscovita-quartzo milonito (mina) | > 5000 | > 5000 | > 5000 | n.a. |
| F70N1-32,22 – Muscovita-quartzo milonito (mina) | 497,0 | 149,0 | 306,4 | n.a. |
| F70N2-26,80 – Muscovita-quartzo milonito (mina) | 139,0 | 8,4 | 16,1 | n.a. |
| F70N2-35,00 – Muscovita-quartzo milonito (mina) | 61,0 | 5,3 | 9,1 | n.a. |
| F70N2-35,23 – Muscovita-quartzo milonito (mina) | 36,0 | 3,0 | 5,9 | n.a. |
| F70N2-50,15 – Muscovita-quartzo milonito (mina) | 77,0 | 1,8 | 7,3 | n.a. |
| F70N2-70,30 – Muscovita-quartzo milonito (mina) | 5,0 | 0,2 | 0,7 | n.a. |
| F98S1-85,10 – Muscovita-quartzo milonito (mina) | > 5000 | > 5000 | > 5000 | n.a. |
| FB1-46,35 – Muscovita-quartzo milonito (mina) | > 5000 | > 5000 | > 5000 | n.a. |
| FB1-49,54 – Muscovita-quartzo milonito (mina) | > 5000 | > 5000 | > 5000 | n.a. |
| FB1-50,77 – Muscovita-quartzo milonito (mina) | > 5000 | > 5000 | > 5000 | n.a. |
| FB1-53,79 – Muscovita-quartzo milonito (mina) | > 5000 | 828,9 | 1183,0 | n.a. |
| FB1-57,00 – Muscovita-quartzo milonito (mina) | 328,0 | 99,4 | 758,9 | n.a. |
| NH5 – Veio de quartzo mineralizado (regional) | > 5000 | 5,4 | 8,1 | 0,5 |
| 99-VII-139 – Biotita-muscovita granito (regional) | 38,0 | 14,4 | 24,2 | 2,5 |
| 99-VII-176 – Biotita-muscovita granito (regional) | 25,0 | 7,0 | 11,4 | 2,0 |
| 99-IV-56 – Biotita-muscovita granito (regional) | 32,0 | 0,6 | 5,2 | 0,7 |
| 99-IV-65 – Biotita-muscovita granito (regional) | 3,0 | 3,6 | 5,5 | 1,4 |
| JM-CAV 4 – Biotita-muscovita granito (região de Cavalcante) | 11,0 | 1,9 | 0,5 | n.a. |
| 98-V-58 – Biotita-muscovita granito (região de Cavalcante) | 9,0 | 10,6 | 101,2 | 3,2 |
| JM-CAV 2 – Pegmatito (região de Cavalcante) | 24,0 | 2,8 | 4,0 | n.a. |
| F98S1-90,70 – Pegmatito (mina) | 1019,0 | 99,5 | 154,9 | n.a. |
| NH2 – Formação Ticunzal (regional) | 105,0 | 5,4 | 9,5 | 0,1 |
| NH3 – Formação Ticunzal (regional) | 191,0 | 2,5 | 2,0 | 0,1 |
| 98-II-47 A – Formação Ticunzal (xisto – região de Cavalcante) | 5,0 | 21,5 | 27,8 | n.a. |
| 98-II-47 B – Formação Ticunzal (xisto – região de Cavalcante) | 15,0 | 43,5 | 78,3 | n.a. |
| LE-CV 1 – Formação Ticunzal (xisto silicificado – região de Cavalcante) | > 5000 | 52,3 | 25,4 | n.a. |
| LE-CV 2 – Formação Ticunzal (xisto silicificado – região de Cavalcante) | < 1 | 138,1 | 58,5 | n.a. |
| LE-CV 3 – Formação Ticunzal (xisto silicificado – região de Cavalcante) | 109,0 | 7,8 | 4,5 | n.a. |
| LE-CV 5 – Formação Ticunzal (xisto silicificado – região de Cavalcante) | 623,0 | 61,7 | 139,6 | n.a. |
| F70N2-7,30 – Formação Ticunzal (xisto – mina) | 5,0 | 1,8 | 2,8 | n.a. |
| F91N-130,70 – Formação Ticunzal (paragneisse milonítico – mina) | 268,0 | 2,7 | 42,2 | 1,2 |
| F91N-130,90 – Formação Ticunzal (paragneisse milonítico – mina) | 111,0 | 17,3 | 14,5 | 1,3 |
| F91N-131,62 – Formação Ticunzal (paragneisse milonítico – mina) | 9,0 | 3,1 | 1,1 | 0,4 |
| F91N-132,14 – Formação Ticunzal (paragneisse milonítico – mina) | 8,0 | 1,4 | < 0,5 | < 0,5 |
| F91N-132,40 – Formação Ticunzal (paragneisse milonítico – mina) | 4,0 | 2,4 | 1,7 | 0,7 |
| F91N-133,60 – Formação Ticunzal (paragneisse milonítico – mina) | 18,0 | 5,9 | 4,1 | 0,4 |

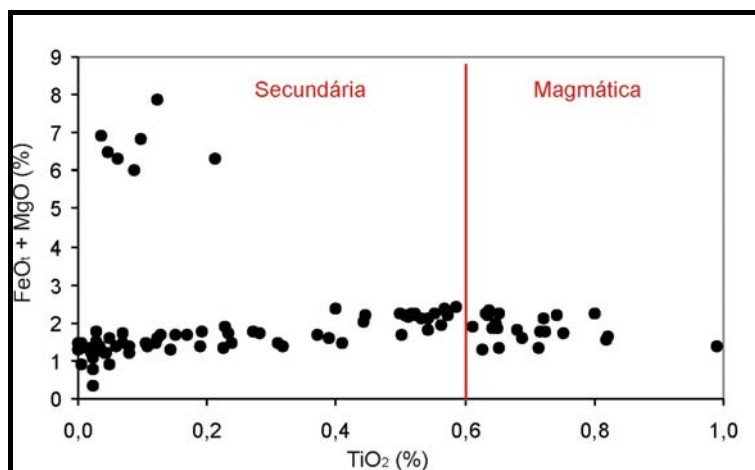


Figura 2.7 – Diagrama de variação composicional da muscovita da mina Buraco do Ouro, com indicação dos domínios de muscovitas primária e secundária da Suíte Aurumina, segundo Botelho *et al.* (2002).

Tabela 2.2 – Dados de microsonda eletrônica (wt.%) representativos da composição química dos minerais de minério da mina Buraco do Ouro.

| | | | As | S | Pb | Ag | Bi | Pd | Sb | Fe | Cu | Se | Au | Pt | TOTAL |
|----|-------------------|---------------------------------|------|-----|------|------|------|------|------|-----|-----|------|------|------|-------|
| 1 | Ouro Nativo | Au | | | 0,1 | 5,4 | 0,3 | 0,4 | | | | | 93,4 | | 99,6 |
| 2 | | | | | | 7,5 | 0,3 | 0,5 | | | | | 91,2 | | 99,5 |
| 3 | Guanajuatita | Bi ₂ Se ₃ | | 1,5 | 5,1 | 12,8 | 46,3 | 0,1 | | 0,6 | 0,9 | 31,6 | | 1,0 | 99,8 |
| 4 | | | | 1,6 | 6,9 | 10,3 | 44,4 | 0,3 | | 0,7 | 1,3 | 32,6 | | 0,9 | 99,1 |
| 5 | Kalungaíta | PdAsSe | 27,4 | 1,1 | | | 0,5 | 40,7 | 1,3 | | | 28,8 | | | 99,7 |
| 6 | | | 27,9 | 1,2 | | | 0,3 | 40,4 | 1,2 | | | 28,5 | | 0,3 | 99,9 |
| 7 | Estibiopaladinita | Pd ₅ Sb ₂ | 4,2 | | 0,1 | | | 70,7 | 24,8 | 0,1 | 0,2 | | | 0,2 | 100,2 |
| 8 | | | 4,0 | | 0,1 | | 0,1 | 71,2 | 24,9 | | 0,2 | | 0,5 | 0,4 | 101,5 |
| 9 | Padmaíta | PdBiSe | | 0,1 | | | 52,7 | 27,1 | | | | 20,7 | 0,2 | 1,1 | 102,0 |
| 10 | | | | 0,2 | | | 53,1 | 27,2 | | | | 20,5 | | 1,2 | 102,0 |
| 11 | Sperrylita | PtAs ₂ | 40,8 | 0,3 | | 0,1 | | 0,8 | 0,1 | | | | 0,1 | 56,1 | 98,3 |
| 12 | | | 40,1 | 0,3 | 0,3 | 0,1 | 0,1 | 1,1 | | | | | | 56,6 | 98,6 |
| 13 | Claustalita | PbSe | 0,1 | 0,4 | 69,4 | 0,9 | | 0,1 | | 0,1 | | 28,2 | 0,1 | | 99,2 |
| 14 | | | 0,1 | 0,2 | 70,4 | 0,3 | | 0,2 | | | 0,1 | 29,1 | | 0,1 | 100,3 |

2.4 – LITOGEOQUÍMICA

As análises químicas dos elementos maiores, menores, traços, Elementos Terras Raras (ETR), Au, Pt e Pd das amostras foram executadas no Laboratório ACME, no Canadá (Anexo 3). Os elementos maiores foram analisados por ICP-AES, após fusão com LiBO₂. Os elementos traços e ETR foram analisados por ICP-MS, após fusão com LiBO₂. Os metais base também foram analisados por ICP-MS, mas a extração foi feita por digestão com água régia. Au, Pt e Pd foram analisados por ICP-MS, após fusão por *fire assay* e coleção por chumbo.

As amostras discutidas nesta seção são provenientes da mina Buraco do Ouro e de suas proximidades. Foram ainda analisadas algumas amostras distantes da região de

Cavalcante, em contexto geológico semelhante ao da mina Buraco do Ouro. Foram amostrados xistos e paragneisses grafitosos da Formação Ticunzal, muscovita-quartzo milonitos mineralizados e estéreis, e biotita-muscovita granito e pegmatito da Suíte Aurumina (Tabela 2.1). Devido ao alto grau de alteração hidrotermal e silicificação do minério e rochas encaixantes, preferiu-se não usar elementos maiores no tratamento dos dados litogeoquímicos. Assim, foram utilizados apenas os dados geoquímicos de ETR e EGP.

Elementos Terras Raras – ETR

O muscovita-quartzo milonito da mina possui padrões que mostram alto fracionamento entre os ETR leves e pesados, com razão $(La/Yb)_N = 25,7$. Também se observa a presença de anomalia negativa de Eu, com exceção de apenas uma amostra (quadrado na Figura 2.8a), a qual possui grande quantidade de muscovita mascarando a anomalia devido às altas concentrações de K_2O , Ba e Rb. Os padrões do granito da Suíte Aurumina (círculos aberto e fechado na Figura 2.8a) e do muscovita-quartzo milonito são semelhantes com relação ao fracionamento. A diferença está na menor concentração de ETR nos milonitos, provavelmente devida à diluição e/ou lixiviação destes elementos em função dos processos de alteração. A semelhança entre os padrões do granito e dos milonitos é mais um indício de que o muscovita-quartzo milonito foi desenvolvido a partir do biotita-muscovita granito, como apresentado anteriormente.

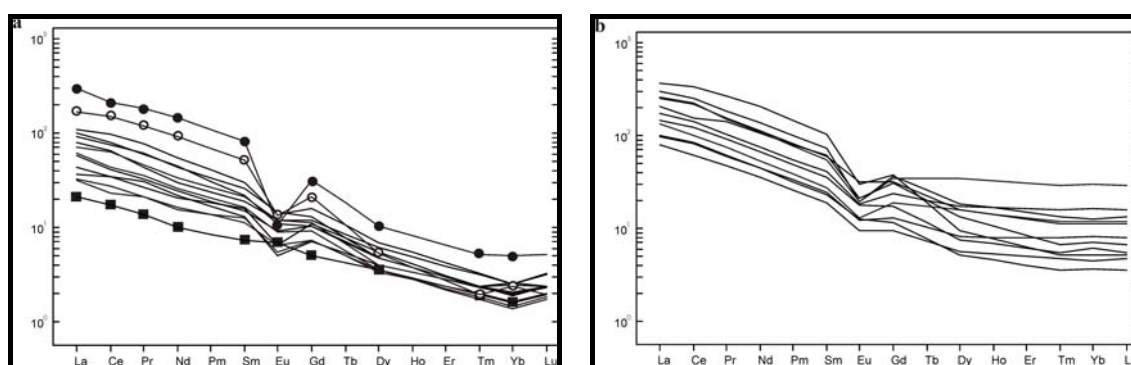


Figura 2.8 – Diagramas mostrando os padrões ETR normalizados ao condrito segundo Sun & McDonough (1999) de amostras da mina Buraco do Ouro e amostras regionais. **(a)** Diagrama para muscovita-quartzo milonito estéril derivado do biotita-muscovita granito da Suíte Aurumina. Círculo fechado: Biotita-muscovita granito; Círculo aberto: Biotita-muscovita granito alterado por potassificação; Quadrado: Muscovita-quartzo milonito rico em muscovita. **(b)** Diagrama para xistos e paragneisses miloníticos da Formação Ticunzal.

Os padrões referentes à Formação Ticunzal mostram menor fracionamento entre os ETR leves e pesados quando comparados aos padrões do muscovita-quartzo milonito e possuem razão $(La/Yb)_N = 20,8$. O xisto e o paragnaisse também apresentam anomalia negativa de Eu (Figura 2.8b).

Elementos do Grupo da Platina – EGP

O Grupo da Platina é formado pelos elementos Ru, Rh, Pd, Os, Ir e Pt e pode ser subdividido em Subgrupo do Ir (Os, Ir e Ru) e Subgrupo do Pd (Pt, Pd e Rh). O Au freqüentemente está associado ao Grupo do Pd (Rollinson, 1993). Rh, Pt, Pd e Au, da mesma forma que os ETR, podem ser normalizados ao condrito e plotados em diagramas na ordem de diminuição do ponto de fusão (Figura 2.9).

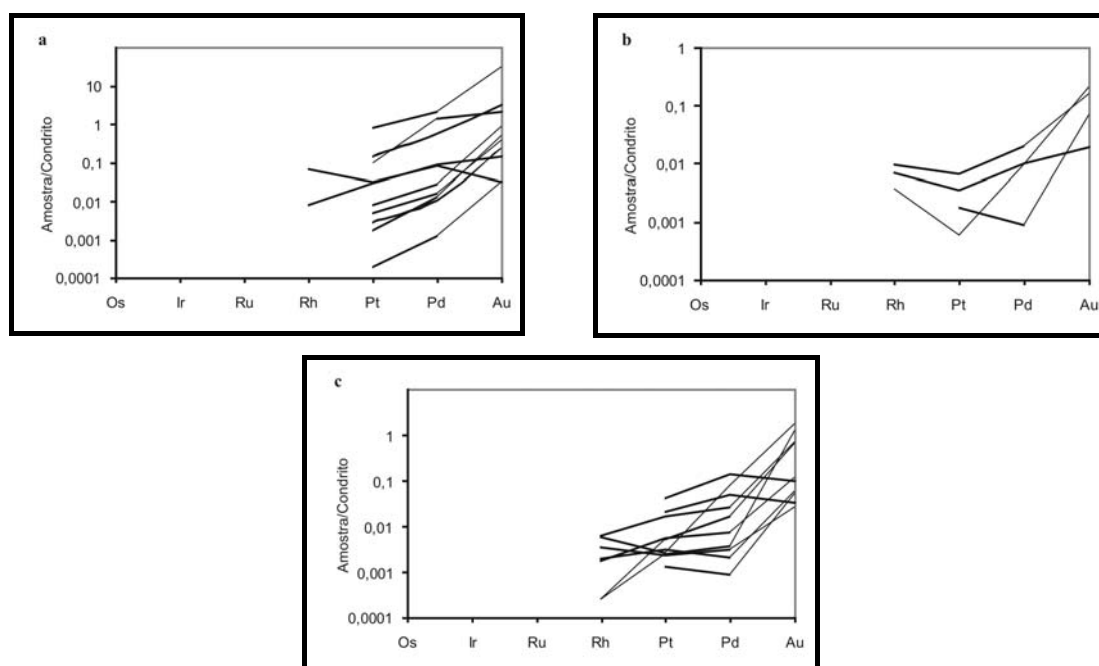


Figura 2.9 – Diagramas mostrando o padrão de EGP normalizados ao condrito segundo Naldrett & Duke (1980) de amostras da mina Buraco do Ouro e amostras regionais. (a) Diagrama para muscovita-quartzo milonito derivado de granitos da Suíte Aurumina. (b) Diagrama para biotita-muscovita granito da Suíte Aurumina. (c) Diagrama para xistos e paragnaisse miloníticos da Formação Ticunzal.

O muscovita-quartzo milonito, hospedeiro do minério, mostra padrões semelhantes entre si. Porém, as concentrações dos EGP são muito variáveis (Figura 2.9a). Comparando os padrões referentes aos milonitos com àqueles do biotita-muscovita granito, observa-se o enriquecimento em EGP de algumas amostras de milonitos com relação ao granito (Figura 2.10b). As amostras da Formação Ticunzal

mostram padrões semelhantes aos do muscovita-quartzo milonito (Figura 2.9c). A relação $Au > Pd > Pt$ está presente na grande maioria das amostras o que obedece a relação para depósitos hidrotermais de Au-EGP, como o depósito de Serra Pelada, Província Mineral de Carajás, norte do Brasil (Cabral *et al.*, 2002a e 2002b).

2.5 – DISCUSSÕES

Fonte da Mineralização

Entre as fontes alternativas de EGP, são amplamente reconhecidos os folhelhos negros, definidos como rochas argilosas e laminadas, com mais de 0,5 wt% de carbono orgânico e, classificados como anomalias não convencionais de platinóides (Pasava, 1993; Wilde *et al.*, 2003). A maioria dessas anomalias ocorre em ambientes de rifte intracontinental associada ou não a vulcanismo básico. Na região de Cavalcante, sugere-se, pela grande quantidade de grafita presente, que parte das rochas da Formação Ticunzal possua como protólito folhelhos negros.

Coveney (2003) sugere que a fonte para o enriquecimento em Ni, Mo, As, Zn junto com consideráveis concentrações de Pt, Pd e Au para os folhelhos negros cambrianos do sul da China são fumarolas hidrotermais. Já Lehmann *et al.* (2003) defendem a idéia de que os mesmos folhelhos não se associam à atividade vulcânica e que o enriquecimento em metais se dá por precipitação direta da água do mar, via redução pelos folhelhos negros. Os mesmos autores afirmam que, para que ocorra tal enriquecimento, é necessária uma baixa taxa de sedimentação e a entrada de água nova no sistema. As razões Pt/Pd e Au/Pd de folhelhos negros derivados da precipitação a partir da água do mar estão em torno de 1, como os da Formação Niutitang no sul da China (Lehmann *et al.*, 2003). A razão Pt/Pd do minério da mina Buraco do Ouro e de outras rochas do mesmo contexto geológico também está em torno de 1 (Figura 2.10a). A anomalia de Pt pode ser definida, por analogia com a anomalia de Eu em padrões ETR normalizados ao condrito, usando a equação (Jiang *et al.*, 2007):

$$Pt/Pt^* = Pt_N / (Rh_N \times Pd_N)^{1/2}$$

onde Pt_N , Rh_N e Pd_N são os valores das amostras normalizados ao condrito segundo Naldrett & Duke (1980). O enriquecimento em EGP gerado por fonte crustal possui

anomalia positiva de Pt ($Pt/Pt^* \gg 1$). Se a fonte for mantélica, a anomalia é negativa ($Pt/Pt^* < 1$ ou $Pt/Pt^* \sim 1$) (Jiang *et al.*, 2003). A razão Pt/Pt^* do minério de Cavalcante é predominantemente ≤ 1 ou ligeiramente maior que 1 (Figura 2.10b). Os diagramas das figuras 2.10a e 2.10c indicam que existe uma correlação positiva entre Pt, Pd e Rh.

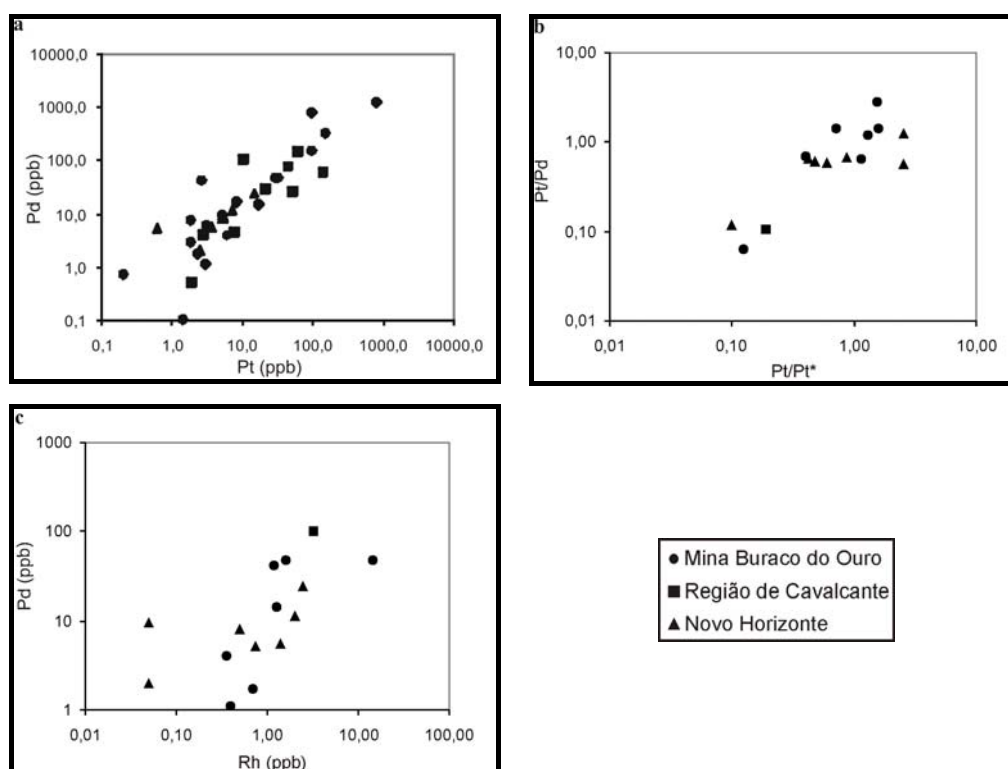


Figura 2.10 – Diagramas mostrando as concentrações e relações entre Pt, Pd e Rh no minério de Cavalcante e amostras regionais. (a) Diagrama Pt vs Pd evidenciando a correlação positiva entre os elementos e a razão Pt/Pd próxima a 1. (b) Diagrama Pt/Pd vs Pt/Pt* indicando que a maioria das amostras possuem razão Pt/Pt* ~ 1 . (c) Diagrama Pd vs Rh mostrando a correlação positiva entre esses elementos. Novo Horizonte é um garimpo de ouro também associado a Suíte Aurumina, próximo a cidade de Monte Alegre de Goiás, utilizado para comparação.

Para que a fonte dos EGP da mina Buraco do Ouro pudesse ser inferida, com base nos modelos propostos, tanto a razão Pt/Pd quanto a Pt/Pt* observadas deveriam estar associadas às rochas da Formação Ticunzal. Considerando o modelo de enriquecimento dos folhelhos a partir da água do mar para as rochas da Formação Ticunzal, a razão Pt/Pd das rochas amostradas indica que não houve fracionamento destes elementos durante o transporte e nos processos hidrotermais posteriores à formação da rocha fonte. Outros modelos como, por exemplo, fonte mantélica (Lehmann *et al.*, 2003) são incompatíveis com o contexto geotectônico da região de Cavalcante. Outros elementos mineralizadores da mina Buraco do Ouro, como Se e U, são sensíveis às condições redox, encontradas em porções marinhas anóxicas comuns

antes de 2,0 Ga (Lehmann *et al.*, 2003), e poderiam ter também precipitado diretamente da água do mar.

As solubilidades de Au, Pt e Pd em ambientes hidrotermais são diferentes, por isso ocorrem muitos depósitos hidrotermais de Au, mas poucos de Pt (Lehmann *et al.*, 2003). Segundo Cabral *et al.* (2002a), depósitos hidrotermais como Serra Pelada, na região de Carajás, na parte norte do Brasil, mostram Au > Pd > Pt, a mesma encontrada em Cavalcante.

Os fluidos portadores dos metais, possivelmente, eram aquosos que, em condições de fO_2 intermediárias e pH básico a neutro, transportam EGP (Mountain & Wood, 1988). A precipitação dos EGP ocorreria devido à redução de pH, à diminuição da temperatura, à redução do conteúdo do complexante ou ao aumento da fO_2 , sendo este último o de maior potencial para a precipitação dos platinóides (Pasava, 1993). Assim, o fluido percolaria pelas rochas grafitosas da Formação Ticunzal e, ao atingir o granito, as mudanças de pH e fO_2 causariam a precipitação dos EGP e Au. Por isso, é comum a presença da mineralização no granito e, mais raramente, na sua encaixante. O minério também se localiza na zona de cisalhamento sobre o granito, o que indica que ela pode ter sido um conduto para os fluidos mineralizadores.

Outro assunto ainda a ser discutido é como teria ocorrido o enriquecimento em EGP do granito da Suíte Aurumina a partir das rochas da Formação Ticunzal. Botelho *et al.* (2006a) sugerem como provável rocha fonte dos granitos da Suíte Aurumina a sequência metassedimentar da Formação Ticunzal. Assim, o enriquecimento em EGP poderia vir da própria rocha fonte. Outra forma para tal enriquecimento seria a assimilação de EGP via contaminação do granito pela sua rocha encaixante. Um fato que apóia esta última hipótese é a presença de xenocristais de grafita e de xenólitos ricos em grafita. A alteração hidrotermal é responsável pela mineralização do granito, como na mina Buraco do Ouro, mas não explica a anomalia de EGP em escala regional nos granitos.

Modelo Genético

O minério da mina Buraco do Ouro, bem como as demais mineralizações auríferas da região de Cavalcante, situa-se sempre próximo ao contato entre a Suíte Aurumina e a Formação Ticunzal. Assim, para saber como ocorreu a formação do minério e para sugerir um modelo genético, devem ser levadas em consideração as

características das intrusões graníticas, da rocha hospedeira e das zonas de cisalhamento presentes na região. Nesse aspecto, tanto modelos de mineralizações auríferas do tipo orogênico quanto modelos relacionados à intrusão (*intrusion-related*) têm características que se aplicam à mineralização de Cavalcante.

Segundo Groves *et al.* (1998), os depósitos denominados Au-orogênico são muito comuns em cinturões metamórficos, sendo caracterizados por se formarem durante os estágios tardios da orogênese, na principal fase de encurtamento crustal, na qual as texturas metamórficas e deformacionais já foram geradas e/ou reativadas. Cada estágio da evolução de um cinturão pode gerar novos depósitos auríferos e/ou remobilizar aqueles preexistentes. Assim, diversos depósitos podem estar justapostos ou sobrepostos uns aos outros, dentro de um orógeno colisional, o que torna a classificação de cada um desses depósitos difícil e controversa (Groves *et al.*, 2003). Outros depósitos semelhantes aos do tipo Au-orogênico e também muito comuns em cinturões metamórficos são os depósitos do tipo *intrusion-related*, que mostram associação espacial e temporal com intrusões granitoides.

Com base na compilação de diversos autores apresentada por Groves *et al.* (2003), as principais características dos depósitos de ouro do tipo *intrusion-related* são: (1) intrusões metaluminosas e subalcalinas de composição intermediária a félsica, no limite das séries da magnetita e da ilmenita; (2) fluidos hidrotermais ricos em CO₂; (3) assembléia metálica de Au com teores anômalos em Bi, W, As, Mo, Te e/ou Sb e concentrações subeconômicas de metais de base; (4) zonas restritas de alteração hidrotermal dentro dos granitoides; (5) contexto tectônico continental afastado dos limites das placas convergentes; e (6) localização nas províncias magmáticas onde são conhecidos depósitos de W e/ou Sn. Groves *et al.* (2003) ressaltam que os critérios de (1) a (4), citados acima, podem se referir tanto a depósitos de ouro do tipo Au-orogênico quanto aos do tipo *intrusion-related*. Já os itens (5) e (6) distinguem bem os depósitos do tipo *intrusion-related*, pois indicam seu contexto distal com relação à zona de subducção, o que também explica a associação com os depósitos de W e/ou Sn.

A mineralização aurífera dos depósitos do tipo *intrusion-related* é mais jovem que as estruturas penetrativas das rochas hospedeiras, porém a mineralização é coeva (\pm 2000 anos) aos plútons associados. Ambos os tipos de depósitos possuem suas mineralizações controladas por essas estruturas (Groves *et al.*, 2003).

A zonação metálica presente nesses tipos de depósitos deve-se ao gradiente termal ao redor do plúton em resfriamento e gera uma zonação concêntrica onde a

mineralização associada ao plúton é Au-Bi-Te±W±Mo±As, a proximal é Au-As±W, Sn, Sb e a distal é Au-As-Sb±Ag±Pb±Zn (Figura 2.11).

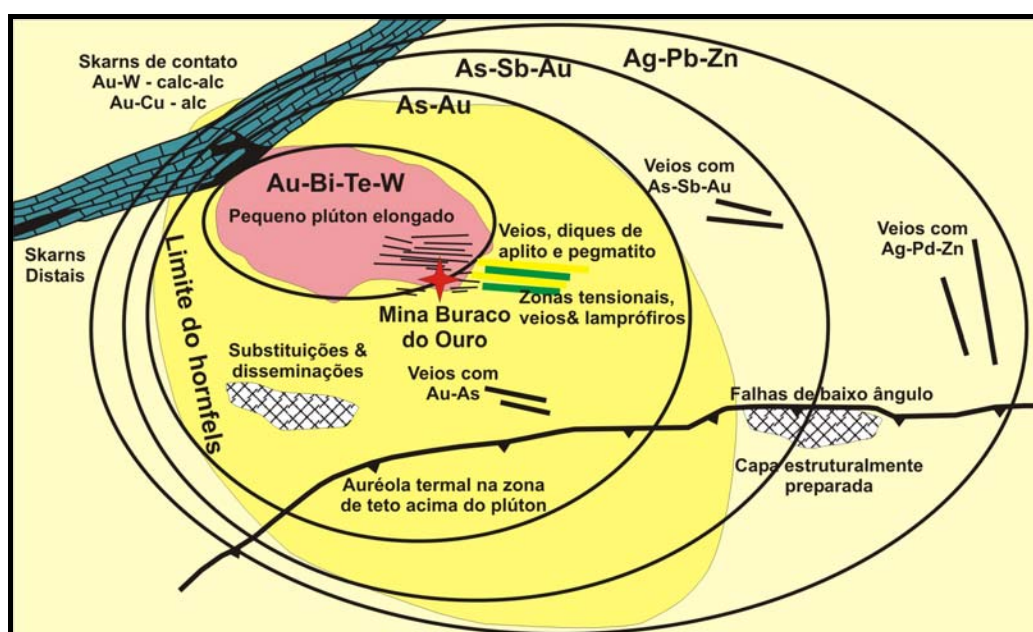


Figura 2.11 – Modelo geral para os depósitos de ouro do tipo *intrusion-related* da Província Aurífera de Tintina, Canadá, com destaque para a ampla variação dos estilos da mineralização e da geoquímica, em função da distância do plúton. A localização do depósito de Cavalcante é sugerida em função da relação com a intrusão, dos controles estruturais e do enriquecimento em Au, Bi e As (adaptado de Hart *et al.*, 2002).

A mina Buraco do Ouro possui algumas características importantes de depósitos do tipo *intrusion-related* como o ambiente compressional, a associação regional com depósitos de Sn, o baixo conteúdo de sulfetos no minério e a forte associação da mineralização com o plúton granítico. Entretanto, existem algumas diferenças: (1) têm relação com magmatismo peraluminoso do tipo-S; (2), possuem associação metálica com Au-Pt-Pd-Se±Pb±Ag; e (3) não apresentam forte zonação (Tabela 2.3).

O ambiente tectônico da região de Cavalcante é compressivo, mas provavelmente associado à colisão continental com a geração de magmas do tipo-S. Porém, segundo Thompson *et al.* (1999), pode haver uma alta contaminação crustal para os magmas associados aos depósitos do tipo *intrusion-related*, o que pode fornecer a eles, localmente, características de magmas do tipo-S. Entretanto isso não se aplica a Cavalcante, onde essas características são regionais. Mesmo o contexto tectônico e o caráter tipo-S dos magmas associados à mineralização da mina Buraco do Ouro não impedem sua relação com um modelo do tipo *intrusion-related*. A associação metálica

rica em ouro, platinóides e selênio pode estar relacionada a uma fonte já enriquecida nestes elementos. A ausência de zonação visível na escala do depósito pode ser devida à sobreposição de eventos metamórficos e deformacionais posteriores à formação do depósito. Tal evento poderia ser o Ciclo Brasileiro ocorrido no fim do Neoproterozóico (~600 Ma), que se associa à formação de um orógeno (Faixa Brasília) (Almeida *et al.*, 1981) e que ocorre mais de 1500 Ma após a formação do depósito.

Foi observado por Duuring *et al.* (2001) no depósito de Tarmoola, Cráton Yilgarn, Austrália, que as margens de granitóides representam prováveis condutos para os fluidos hidrotermais e que a forma e a orientação do plúton dentro do campo de tensões exercem um papel importante na distribuição das tensões, influenciando a direção do fluxo hidrotermal e a localização dos corpos de minério. Assim, o contato intrusão-encaixante pode funcionar como uma rampa para o transporte dos fluidos e os metais depositariam em zonas de menor tensão. Em Serra Pelada, norte do Brasil, as zonas de contato litológico são interpretadas como o principal conduto do fluido mineralizante (Grainger *et al.*, 2002). Em Cavalcante, o contato entre o granito e o xisto e paragneisse também poderia ser interpretado como conduto dos fluidos portadores de Au, Pt e Pd devido à presença de minério nas proximidades do contato. Os mesmos fluidos também poderiam ter migrado pela zona de cisalhamento E-W, pois ela está associada à intensa alteração sericítica. Porém, para a precipitação do Au-EGP foi necessário a mudança das condições físico-químicas do meio.

Tabela 2.3 – Características principais dos depósitos de ouro do tipo *intrusion-related* e da mina Buraco do Ouro (modificado de Groves *et al.*, 2003).

| Características | Depósitos do tipo <i>Intrusion-Related</i> | Mina Buraco do Ouro |
|---|---|---|
| Varição de idade | Principalmente Fanerozóico; alguns do Proterozóico; raros Paleo-Arqueanos | > 1,8 Ga (Paleoproterozóico) (Massucato, 2003) |
| Contexto tectônico | Terrenos pericratônicos | Colisão continental (?) |
| Contexto estrutural | Transição de compressional a extensional em dobras e falhas de empurrão | Ambiente compressional associado a zonas de cisalhamento |
| Magmas associados | Intrusões metaluminosas e subalcalinas, no limite das séries da magnetita e da ilmenita | Intrusões peraluminosas, do tipo-S e da série da ilmenita |
| Rochas hospedeiras | Principais exemplos em intrusões granitóides; alguns em rochas sedimentares | Principalmente proximidade do contato entre rochas graníticas (Suíte Aurumina) e a rocha encaixante (Formação Ticunzal) |
| Grau metamórfico das rochas hospedeiras | Principalmente fácies subxisto-verde a xisto-verde | Fácies anfíbolito com retrometamorfismo para xisto-verde |
| Associação com as intrusões | Forte associação com <i>stocks</i> granitóides; diques lamprófiro | Forte associação com intrusões graníticas |
| Estilo da mineralização | Comumente enxame de veios, menos em brechas, veios e disseminações | Principalmente em zona de cisalhamento nas proximidades de contatos litológicos |
| Tempo da mineralização | Pós-tectônico; pós-pico metamórfico regional | Sin- a tardi-tectônica |
| Complexidade estrutural dos corpos de minério | Principalmente arranjos simples de veios em regimes rúpteis | Corpos sigmoidais acompanhando a foliação S dos milonitos (regime dúctil-rúptil) |
| Evidências de sobreposição | Poucas evidências de sobreposição por estruturas posteriores | Evidência de sobreposição, devida ao Ciclo Brasileiro |
| Associação metálica | Au + Ag ± As ± B ± Bi ± Sb ± Sn ± Te ± W (Pb + Zn em regiões distais) | Au + Pd + Pt + Se + Bi + Ag + As + Sb ± Pb ± Cu |
| Zonação metálica | Forte zonação na escala do distrito; Au + W/Sn + Ag/Pb/Zn | Ausência de zonação conhecida |
| Alteração proximal | Mica-K feldspato-carbonato-clorita-sulfeto de Fe | Sericitização, silicificação |
| Fluidos mineralizadores | H ₂ O + CO ₂ , muito pouco CH ₄ ± N ₂ ; salinidade variável | Provavelmente fluidos ricos em (OH) ⁻ ; pouco salinos |
| Fontes de calor propostas | Granitóides rasos nos distritos auríferos | Granitos ricos em U e Th |
| Associação com províncias de Sn/W | Sim | Sim, situa-se na Província Estanífera de Goiás |
| fO ₂ | Baixa | Baixa |

2.6 – CONCLUSÕES

A mina Buraco do Ouro, na cidade de Cavalcante, é um depósito de Au-EGP hospedado em muscovita-quartzo milonito, associado à zona de cisalhamento E-W, que foi desenvolvida praticamente na mesma época da intrusão, ocorrida em torno de 2,15

Ga. Como apresentado no início, a Suíte Aurumina comporta diversos depósitos e mineralizações de ouro, porém as concentrações anômalas de EGP associadas a ouro da mina são únicas para os depósitos relacionados a esta suíte. A mineralização da mina Buraco do Ouro ocorreu nas proximidades do contato entre o granito e sua rocha encaixante da Formação Ticunzal. As datações de Massucatto (2003) para a muscovita do minério fornecem idades mínimas em torno de 1,8 Ga (Ar-Ar), sugerindo que a mineralização foi gerada antes do Ciclo Brasileiro, diferente do que se acreditava anteriormente (Massucatto, 1997; Hippertt & Massucatto, 1998; D'el Rey Silva & Senna Filho, 1998). Esta idade mínima poderia ser explicada pelo reaquecimento da mica, provavelmente durante o magmatismo mesoproterozóico relacionado à abertura do Rifte Araí ou durante o Ciclo Brasileiro, no Neoproterozóico, como sugere Massucatto (2003). Sendo assim, as lamelas poderiam ser contemporâneas à granitogênese paleoproterozóica geradora da Suíte Aurumina.

É possível que a Formação Ticunzal tenha se depositado em uma bacia marinha restrita, com água quente e salgada. Assim, em partes dessa bacia ocorreria a geração de folhelhos negros que foram definidos por Pasava (1993) como fontes alternativas de EGP. Essa observação, aliada às análises químicas do minério de Cavalcante e de rochas da Suíte Aurumina e Formação Ticunzal, sugere que a provável fonte dos metais da mina Buraco do Ouro são os xistos e os paragnaisse grafíticos da Formação Ticunzal, os quais podem ser o produto do metamorfismo de folhelhos negros. Além disso, a associação entre Au-EGP e rochas graníticas, sem o registro geoquímico da presença de rochas ultramáficas, caracteriza a mina Buraco do Ouro como um depósito não-convencional de platinóides.

Baseando-se na observação de DURING *et al.* (2001) no depósito de Tarmoola, na Austrália, em que o contato entre o corpo intrusivo e sua rocha encaixante pode representar possíveis condutos para os fluidos mineralizadores, na mina Buraco do Ouro, o contato entre a Suíte Aurumina e Formação Ticunzal também poderia ser interpretado como conduto para os fluidos portadores de Au, Pt e Pd devida à presença de minério nas proximidades do contato.

As mudanças de pH e de fO_2 sugeridas durante a formação do minério da mina Buraco do Ouro são provavelmente decorrentes da passagem de fluidos aquosos e pouco salinos pelas rochas grafíticas da Formação Ticunzal que se misturariam com fluidos magmáticos provenientes do biotita-muscovita granito da Suíte Aurumina. Essa

mistura de fluidos causaria a precipitação dos metais no granito e nas proximidades do contato entre granito e rocha encaixante.

O depósito da mina Buraco do Ouro mostra semelhanças com o depósito de ouro de Serra Pelada, na região de Carajás, pois possuem $Au > Pd > Pt$ (Cabral *et al.* 2002a). Assim, o Buraco do Ouro também poderia ser caracterizado como um depósito hidrotermal de Au-EGP. Os padrões ETR do muscovita-quartzo milonito, hospedeiro da mineralização, mostram um grande fracionamento e são semelhantes aos padrões observados no biotia-muscovita granito, o que constitui mais uma evidência de que o milonito é proveniente da deformação/metamorfismo do granito da Suíte Aurumina.

A mina Buraco do Ouro exhibe algumas características importantes e algumas diferenças com relação aos depósitos de ouro do tipo *intrusion-related*. Assim, a mina pode ser definida como um depósito de ouro do tipo *intrusion-related*, porém com importante contribuição da rocha encaixante como fonte dos metais.

2.7 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almeida F.F.M., Hassui Y., Brito-Neves B.B., Fuck R.A. 1981. Brazilian structural provinces: an introduction. *Earth Sci Reviews*, **17**:1-21.
- Botelho N.F. 1992. *Les ensembles subalcalins a peralumineux minéralisés em Sn et In de la Sous Province Paranã, État de Goiás, Brésil*. Tese de Doutorado, École Nationale Supérieure des Mines de Saint Étienne, Paris, 344 p.
- Botelho N.F., Fuck R.A., Dantas E.L., Junges S.L. 2006a. The Paleoproterozoic peraluminous Aurumina granite suite, Goiás and Tocantins, Brazil: Geological, whole rock geochemistry and U-Pb and Sm-Nd isotopic constraints. *In: IGPC, 509, Abstracts*.
- Botelho N.F., Moura M.A., Peterson R.C., Stanley C.J., Silva D.V. 2006b. Kalungaite, PdAsSe, a new platinum group mineral from Buraco do Ouro gold mine, Cavalcante, Goiás State, Brazil. *Mineralogical Magazine*, **70(1)**:123-130.
- Botelho N.F. & Silva D.V. 2005. Mineralizações de Au e PGE hospedadas em rochas graníticas peraluminosas do nordeste de Goiás: Discussão sobre depósitos não convencionais de platinóides. *In: Simp. Bras. Metalogenia, 1, CD Rom de Resumos*.
- Botelho N.F., Moura M.A., Alvarenga C.J.S., Dantas E.L., Dardenne M.A., Campos J.E.G., Meneses P.R., Brito A.P. 2002. Granitogênese peraluminosa Transamazônica no embasamento da Faixa Brasília e seu significado tectônico. *In: SBG, Congr. Bras. Geologia, 41, João Pessoa, Anais*, pp. 436.
- Botelho N.F., Alvarenga C.J.S., Meneses P.R., D'el-Rey Silva L.J.H. 1999. Suíte Aurumina: Uma suíte de granitos paleoproterozóicos, peraluminosos e sintectônicos na Faixa Brasília. *In: SBG, Simp. Geol. Centro-Oeste, 7, Brasília, Anais* pp.17.
- Botelho N.F. & Moura M.A. 1998. Granite-ore deposit relationships in Central Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, **11(5)**:427-438.
- Cabral A.R., Lehmann B., Kwitko R., Cravo Costa C.H. 2002a. The Serra Pelada Au-Pd-Pt deposit, Carajás Mineral Province, Northern Brazil: Reconnaissance mineralogy and chemistry of very high grade palladian gold mineralization. *Economic Geology*, **97**:1127-1138.
- Cabral A.R., Lehmann B., Kwitko R., Cravo Costa C.H. 2002b. Palladium and platinum minerals from the Serra Pelada Au-Pd-Pt deposit, Carajás Mineral Province, Northern Brazil. *The Canadian Mineralogist*, **40**:1451-1463.
- Campos J.E.G. & Dardenne M.A. 1999. Geologia da região de Cavalcante/Teresina de Goiás. *In: M.A. Dardenne (ed.) Geologia do DF e entorno*. Relatório Final de Pesquisa FAPE, pp.: 104-136.
- Costa L.M.A. & Angeiras A.G. 1971. Geosynclinal evolution in the Epi-Baikalian Platform of Central Brazil. *Geologische Rundschau*, **60**:1024-1050.

- Coveney R.M. 2003. Re-Os dating of polymetallic Ni-Mo-PGE-Au mineralization in Lower Cambrian black shales of South China and its geological significance – A discussion. *Economic Geology*, **98**:661-662.
- Cunha L.M. 2006. *Gênese e controle da mineralização de Au e Ag associada a granitos peraluminosos na mina de Aurumina, Goiás*. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade de Brasília. 103 p.
- D’el Rey Silva L.J.H. & Senna Filho V. 1998. Ouro em sericita-quartzo hidrotermalitos controlados por cisalhamentos conjugados brasileiros, na região de Cavalcante (GO). Brasil Central. *Rev. Bras. Geoc.*, **28(3)**:405-408.
- Dardenne M.A. 2000. The Brasilia Fold Belt. In: U.G. Cordani, E.J. Milani, A. Thomaz Filho, D.A. Campos (eds.) *Tectonic Evolution of South America*. 31st Int. Geol. Congr., Rio de Janeiro, pp.: 231-263.
- Dardenne M.A. & Schobbenhaus C. (Eds.) 2001. *Metalogênese do Brasil*. UnB. Brasília. 322 pp.
- Dardenne M.A., Campos J.E.G., Alvarenga C.J.S., Martins F.L., Botelho N.F. 1999. A sequência sedimentar do Grupo Araí na região da Chapada dos Veadeiros. In: Simp. Geol. Centro-Oeste, 7, *Botetim de Resumos*, p. 100.
- Duuring P., Hagemann S.G., Love R.J. 2001. A thrust ramp model for gold mineralization at the Archean trondhjemite-hosted Tarmoola Deposit: The importance of heterogeneous stress distributions around granitoids contacts. *Economic Geology*, **96**:1379-1396.
- Fuck R.A., Pimentel M.M., Silva L.J.H.D. 1994. Compartimentação tectônica da porção oriental da Província Tocantins. In: SBG, Cong. Bras. Geol., 38, *Boletim de Resumos Expandidos*, p. 215-216.
- Grainger C.J., Groves D.I., Costa C.H. 2002. The epigenetic sediment-hosted Serra Pelada Au-PGE Deposit and its potential genetic association with Fe oxide Cu-Au mineralization within the Carajás Mineral Province, Amazon Craton, Brazil. *Economic Geology Special Publication*, **9**:47-64.
- Groves D.I., Goldfarb R.J., Robert F., Hart C.J.R. 2003. Gold deposits in metamorphic belts: Overview of current understanding, outstanding problems, future research, and exploration significance. *Economic Geology*, **98**:1-29.
- Groves D.I., Goldfarb R.J., Gebre-Mariam M., Hagemann S.G., Robert F. 1998. Oregonic gold deposits: A proposed classification in the context of their crustal distribution and relationship to other gold deposit types. *Ore Geology Reviews*, **13**:7-27.
- Hart C.J.R., McCoy D.T., Goldfarb R.J., Smith M., Roberts P., Hulstein R., Bakke A.A., Bundtzen T.K. 2002. Geology, exploration, and discovery in the Tintina gold province, Alaska and Yukon. *Economic Geology Special Publication*, **9**:241-274.

- Hippertt J.F.M. & Massucatto A.J. 1998. Phyllonitization and development of kilometer-scale extension gashes in a continental-scale strike-slip shear zone, north-Goiás, Central Brazil. *Journ. Struct. Geol.*, **20**:433-445.
- Jiang S.-Y., Yang J.-H., Ling H.-F., Chen, Y.-Q., Feng H.-Z., Zhao K.-D., Ni P. 2007. Extreme enrichment of polymetallic Ni-Mo-PGE-Au in Lower Cambrian black shales of South China: An Os isotope and PGE geochemical investigation. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **254(1)**:217-228.
- Jiang S.-Y., Yang J.-H., Ling H.-F., Feng H.-Z., Chen, Y.-Q., Chen J.-H., 2003. Re-Os isotopes and PGE geochemistry of black shales and intercalated Ni-Mo polymetallic sulfide bed from the Lower Cambrian Niutitang Formation, South China. *Natural Sciences*, **13(10)**:788-794.
- Lehmann B., Mao J., Shengrong L., Zhang G., Zeng M. 2003. Re-Os dating of polymetallic Ni-Mo-PGE-Au mineralization in Lower Cambrian black shales of South China and its geological significance – A reply. *Economic Geology*, **98**:663-665.
- Mandetta P. & Barros Neto L.S. 2006. Cavalcante Gold Deposit, Goiás, Central Brazil. Penery Mineração Ltda. *Relatório Interno*, Inédito.
- Marchetto C.M.L., Larson L.T., Figueiredo A.N. 1993. Platinum group minerals and gold in acid rocks, Cavalcante, Brazil. In: Brazilian Meeting on Platinum Group Elements, 1. *Extend Abstracts*, p. 47-51.
- Marini O.J., Botelho N.F., Rossi P. 1992. Elementos terras raras em granitóides da Província Estanífera de Goiás. *Rev. Bras. Geoc.*, **22(0)**:61-72.
- Marini O.J. & Botelho N.F. 1986. A província de granitos estaníferos de Goiás. *Rev. Bras. Geoc.*, **16(1)**:119-131.
- Marini O.J., Liberal G.S., Reis L.T., Trindade C.A.H., Souza S.L. 1978. Nova unidade litoestratigráfica do pré-Cambriano do estado de Goiás. In: SBG, Cong. Bras. Geol, 30, *Boletim*, p. 126-127.
- Massucatto A.J. 2003. *Caracterização estrutural do embasamento do Grupo Araí, na Zona Externa da Faixa Brasília (GO)*. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, UNESP. 163 p.
- Massucatto A.J. 1997. *Mineralização aurífera, filonitização e desenvolvimento de 'gashes' extensionais em uma zona de cisalhamento transcorrente de baixo grau metamórfico (Cavalcante – Go)*. Dissertação de Mestrado, Depto. Geol. Escola de Minas, UFOP. 83 p.
- Miller C.F., Stoddard E.F., Bradfish L.J., Dollase W.A. 1981. Composition of plutonic muscovite: Genetic implications. *Can. Min.*, **19**:25-34.

- Monier G., Robert J.L. 1986. Titanium in muscovites from two mica granites: Substitutional mechanism and partition with coexisting biotites. *Neues Jahrbuch Miner. Abh.*, **153(2)**:147-161.
- Mountain B.W. & Wood S.A. 1988. Chemical controls on the solubility, transport, and deposition of platinum and palladium in hydrothermal solutions: A thermodynamic approach. *Economic Geology*, **83**:492-510.
- Moura L.H.A. & Silva N.G.C. 2005. *Projeto Nova Roma-Porto Real, Subárea IX*. Trabalho Final de Graduação, IG-UnB, Brasília. 147 p.
- Naldrett A.J. & Duke J.M., 1980. Platinum metals in magmatic sulfide ores. *Science* **208**:1417-1428.
- Pasava J. 1993. Anoxic sediments – an important environment for PGE; An overview. *Ore Geology Reviews*, **8**:425-445.
- Pimentel M.M., Ferreira Filho C.F., Armele A. 2006. Neoproterozoic age of the Niquelândia Complex, Central Brazil: Further ID-TIMS U-Pb and Sm-Nd isotopic evidence. *Journal of South American Earth Sciences*, **21**:228-238.
- Pimentel M.M. & Botelho N.F. 2001. Sr and Nd isotopic characteristics of 1.77-1.58Ga rift-related granites and volcanics of the Goiás tin province, Central Brazil. *An Acad. Cien.*, **73(2)**:263-276.
- Pimentel M.M., Heaman L., Fuck R.A., Marini O.J. 1991. U-Pb zircon geochronology of Precambrian tin-bearing continental-type acid magmatism in Central Brazil. *Precambrian Research*, **52**:321-335.
- Rollinson H. (Ed.) 1993. *Using geochemical data: Evaluation, presentation, interpretation*. Pearson Prentice Hall, England, 352 pp.
- Sun S.S. & McDonough W.F. 1989. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: Implications for mantle composition and processes. In: A.D. Saunders & M.J. Norry (eds.) *Magmatism in ocean basins*. Geol. Soc London. Spec. Pub., 42, pp.: 313-345.
- Thompson J.H.F., Sillitoe R.H., Baker T., Lang J.R., Mortense, J.K. 1999. Intrusion-related gold deposits associated with tungsten-tin provinces. *Mineralium Deposita*, **34**:323-334.
- Wilde A., Edwards A., Yakubchuk A. 2003. Unconventional deposits of Pt and Pd: A review with implications for exploration. *SEG Newsletter*, **52**:9-18.

Gold–PGE deposit hosted in sheared peraluminous granite in the Buraco do Ouro gold mine, Cavalcante, Goiás State, Brazil: Ore characterization and textural relationships among gold, selenides, PGE minerals, and uraninite

Capítulo 3

GOLD-PGE DEPOSIT HOSTED IN SHEARED PERALUMINOUS GRANITE IN THE BURACO DO OURO GOLD MINE, CAVALCANTE, GOIÁS STATE, BRAZIL: ORE CHARACTERIZATION AND TEXTURAL RELATIONSHIPS AMONG GOLD, SELENIDES, PGE MINERALS, AND URANINITE

3.1 – ABSTRACT

Gold occurrences are known in the northeastern part of Goiás State since the beginning of the 18th century. The main mineralizations are associated to Paleoproterozoic peraluminous, syn-tectonic granites of the Aurumina Suite and their metasedimentary graphite-bearing country rocks of the Ticunzal Formation. In the Buraco do Ouro gold mine, the mineralization is hosted in muscovite-quartz mylonites in a silicified shear zone near the contact between biotite-muscovite granite and paragneisses of the Ticunzal Formation. In this mine the association between granitic rocks and PGE-bearing gold mineralization is uncommon and unique in the Aurumina Suite and Ticunzal Formation context. The ore mineralogy consists of gold, guanajuatite, kalungaite, stibiopalladinite, sperrylite, padmaite, bohdanowiczite, clausthalite, uraninite, and unnamed Ag-Pb-Bi-Se minerals. Kalungaite is a mineral species recently discovered in the Buraco do Ouro mine and uraninite is for the first time recognized in this mineral assemblage. Local magnetite concentrations and rare chalcopyrite and pyrite are also associated with both mineralized and barren mylonites in a gangue consisting of muscovite, quartz, and rare tourmaline. The mineralization is considered to be synchronous to the syn-tectonic granite intrusion, during syn-emplacment shearing and alteration. Complex intergrowths and textural relationships in the ore minerals assemblage indicate a three stages mineralization controlled by fO_2 variation, with Au, Pd, Pt, As and Sb precipitation in a early reducing stage, followed by an increasing in the fO_2 conditions and precipitation of selenides, uraninite, and magnetite. A late stage is characterized by a fO_2 decreasing and reequilibration of previous assemblages. It is suggested that graphite-bearing country rocks could be the source of gold and PGE, considering that these rocks are probably derived from

protoliths similar to black shales. The Au-Pd-Pt-Se-As association in a predominantly reducing environment with low fS_2 also suggests metal transport mainly as hydroxides and or selenium hydroxides in aqueous fluids.

KEYWORDS: Buraco do Ouro gold mine, selenides, gold, PGE.

3.2 – INTRODUCTION AND REGIONAL SETTING

The Cavalcante region is situated in the northeastern part of the Goiás State, where gold exploration and many gold occurrences have been recorded since the beginning of the 18th century. The Buraco do Ouro mine is located near the Cavalcante city downtown and although the deposit has been exploited sporadically since 1740 by small miners, the improvement of underground operations only occurred in the 1970s. At that time there were the first records of PGE association in the ore, first published by Marchetto *et al.* (1993). Today the prospect is owned by Penery Mineração Ltda., but mining operations are paralyzed.

The geological setting of the area of study is part of the basement of the Neoproterozoic Brasília Fold Belt which comprises in the Cavalcante region: Paleoproterozoic graphite-bearing paragneiss and schists (Ticunzal Formation); 2.15 Ga peraluminous syn-collisional biotite-muscovite granite (Aurumina Suite); and metavolcano-sedimentary rocks of the ~1.77 Ga rift sequence (Araí Group).

Gold mineralizations in the northeastern part of the Goiás State are mainly associated with Paleoproterozoic peraluminous granites from the Aurumina Suite and their metasedimentary country rocks of the Ticunzal Formation (Botelho and Moura, 1998; Botelho *et al.*, 2006a). Gold mineralizations in other terrains are reported only as minor occurrences hosted in metaconglomerates and quartzites of the rift sequence (Alvarenga *et al.* 2007). Rocks of the Ticunzal Formation and Aurumina Suite also host important tin and tantalum, and minor uranium deposits, some of them spatially related to gold mineralizations (Botelho *et al.*, 2006a). PGE anomalies are recorded in many gold occurrences and in rocks related to the Ticunzal Formation and Aurumina Suite in the Cavalcante region and nearby areas (Botelho and Silva, 2005; Menez and Botelho, 2008, in preparation), but PGE mineralization is only known in the Buraco do Ouro mine.

The origin of the uncommon granite-related gold-PGE mineralization in Cavalcante is a controversial issue and, because of the lack of detailed field and mine data, poorly understood. Previous scientific studies carried out on the Buraco do Ouro mine and surrounding area, mainly in a regional scale, discuss the structural control of orebodies (Hippert and Massucatto, 1998; D'el Rey Silva and Senna Filho, 1998) or include a preliminary characterization of ore minerals (Marchetto *et al.*, 1993; Botelho and Silva, 2005). However, recent investigations allowed the characterization of a new mineral in the mine, named kalungaita (PdAsSe) (Botelho *et al.*, 2006b).

The main purpose of this paper is to characterize the exotic mineralogy of the Buraco do Ouro deposit and to investigate the textural relationships in the ore assemblage and its host rocks to contribute on the discussion about the conditions of formation of this unusual Au-PGE mineralization.

3.3 – GEOLOGY OF THE BURACO DO OURO MINE

The Buraco do Ouro Au-PGE deposit is hosted by muscovite-quartz mylonite in a 500 m long E-W trending shear zone, located in a 2.15 Ga biotite-muscovite granite (Aurumina Suite), near the contact with the Ticunzal Formation metasedimentary country rocks (Figure 3.1). However, in the mine sector this contact is deep-seated and was observed in drill-holes (Menez and Botelho, 2008, in preparation). The main hydrothermal alteration types in both granite and country rocks are sericitization and silicification, with minor potassification in the last ones. Nevertheless, economic Au-PGE mineralization is only known in altered granite-related mylonites. Huge barren quartz pockets are the dominant constituent in the mine and probably postdate the mineralization. The orebody is an amalgamation of four lenses displaying sigmoidal geometry (D'el Rey Silva and Senna Filho, 1998), forming a small deposit (3 tonnes of Au). According to Penery Mineração Ltda data, the mean gold concentration is 14g/t together with 8g/t silver. There is no information about the Pd and Pt content in the mine.

Detailed information on the structural controls in the mine, distribution of metal contents in the ore and host rocks as well as a discussion about the role of granite magmatism, sedimentary processes and tectonics in the origin of the Buraco do Ouro mineralization and regional Au-PGE anomalies, are in Menez and Botelho (2008, in preparation).

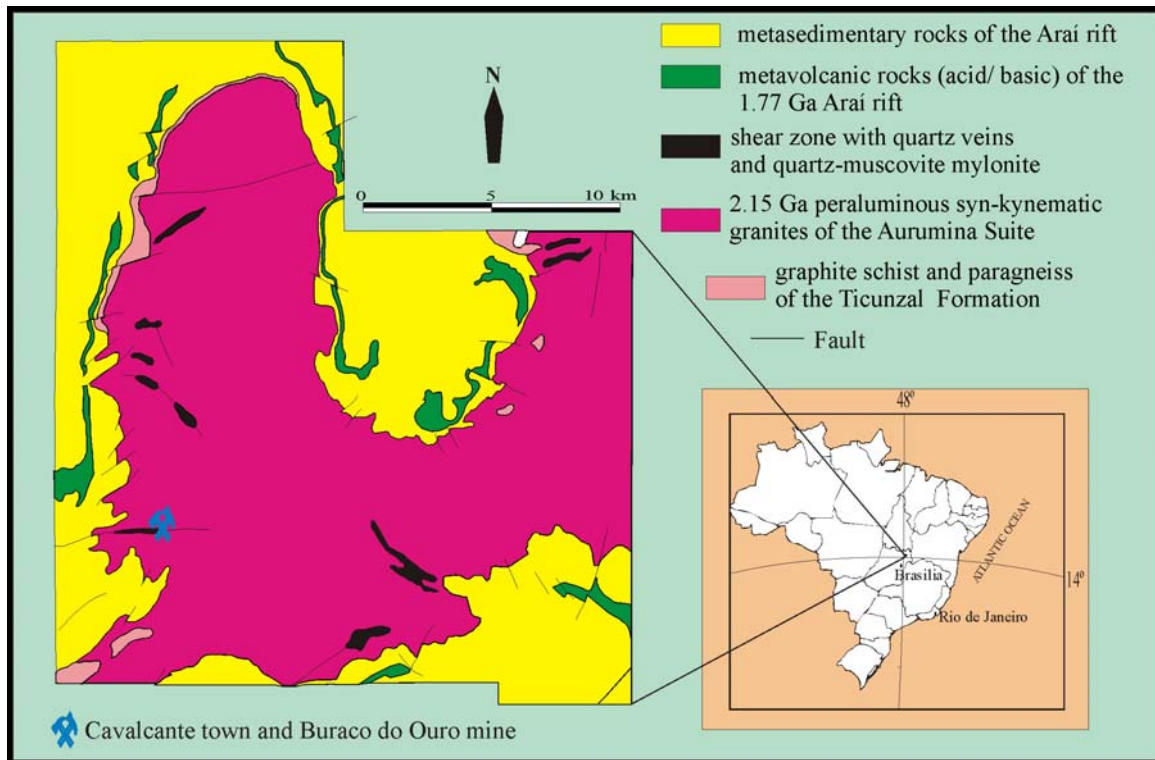


Figure 3.1 – Geological sketch map of the Cavalcante region showing the location of the Buraco do Ouro mine (after Botelho *et al.*, 2006b).

3.4 – SAMPLING AND ANALYTICAL PROCEDURES

The samples used in this study were collected in several field works. Regional and underground sampling was performed by the between 1998 and 2001 when the mine was in operation. Drill core samples from mineralized bodies and outcrop samples from Cavalcante region were collected in field works for a Master Science project at the Brasília University (Menez, 2008). Mineral composition of mineralized zones and host rocks were studied by transmitted and reflected light microscopy. Semi-quantitative analyses and detailed study of textural relationships in the ore were performed in a Philipps scanning electron microscope (SEM), with an Energy Dispersive Spectrometer (EDS), at the DITEC department of the Brazilian Federal Police, with the cooperation of Dr. Sara Lais Rahal Lenharo. The chemical composition of minerals was determined using a CAMEBAX SX-50 electron-microprobe, at the Institute of Geosciences, Brasília University, operated at 20 kV and 25-40 nA. Natural pyrite (Fe, S), chalcopyrite (Cu) and galena (Pb), and synthetic ZnSe (Se), FeAs₂ (As), Au, Ag, Bi, Sb, Pt and Pd standards were used.

3.5 – ORE MINERALOGY

The standard ore sample at the Buraco do Ouro mine is a strongly silicified rock with discontinuous 1-10mm thick dark sheets, representing rests of the granite-related muscovite-quartz mylonite. The mineralized sheets are hosted in smoky or milky quartz pockets. Visible gold, PGE-minerals and selenides occur as elongated or platy grains or aggregates restricted to the mylonitic foliation, with major concentrations in the bluish or greenish gray muscovite-rich zones (Figure 3.2). PGE-free minor gold concentrations were observed disseminated in some pinky quartz clusters near the mica-rich sheets.

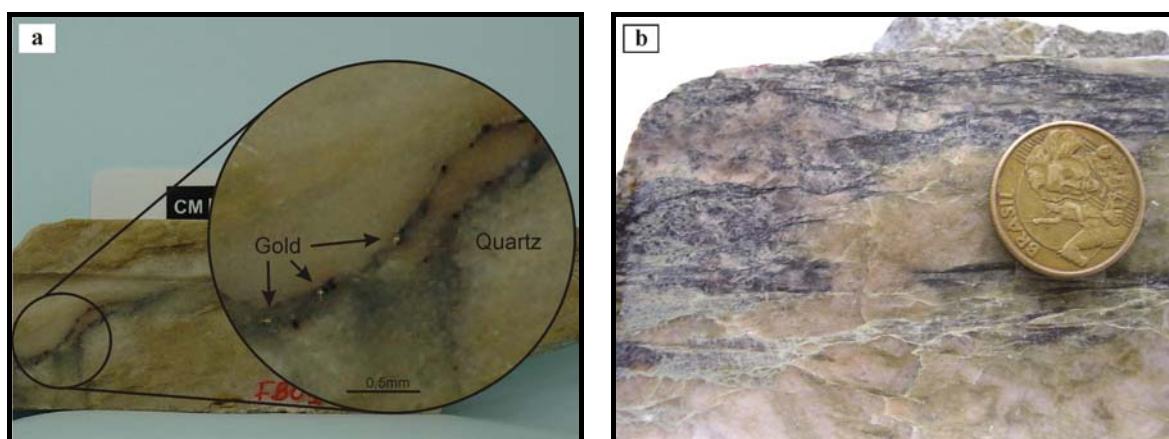


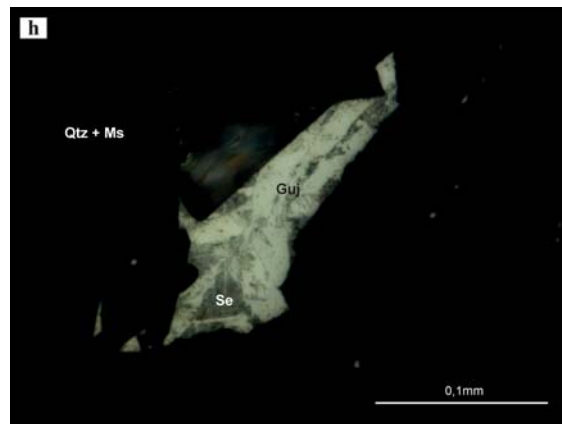
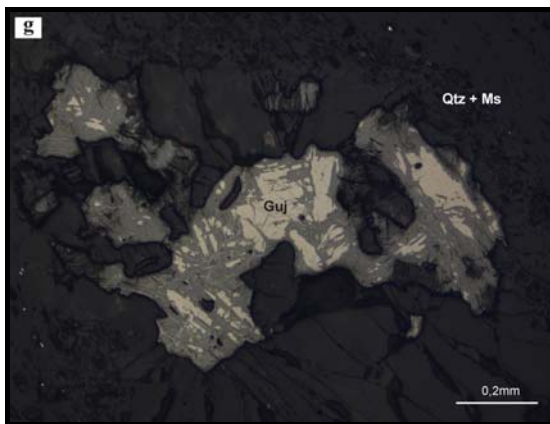
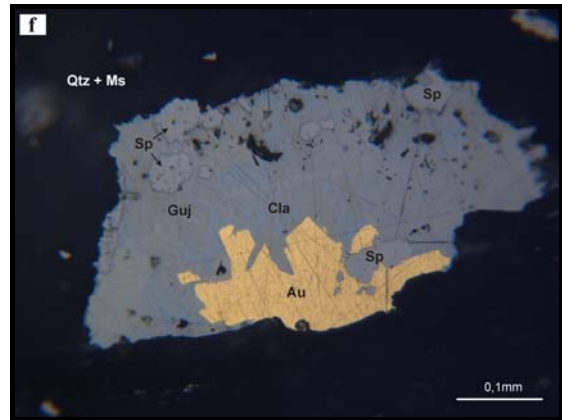
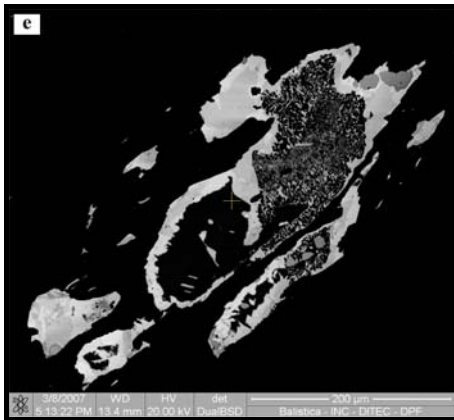
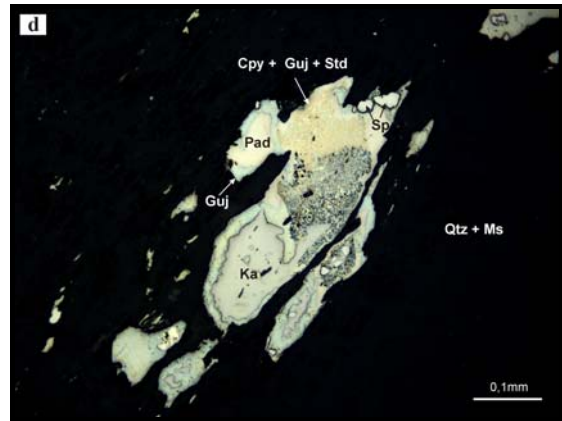
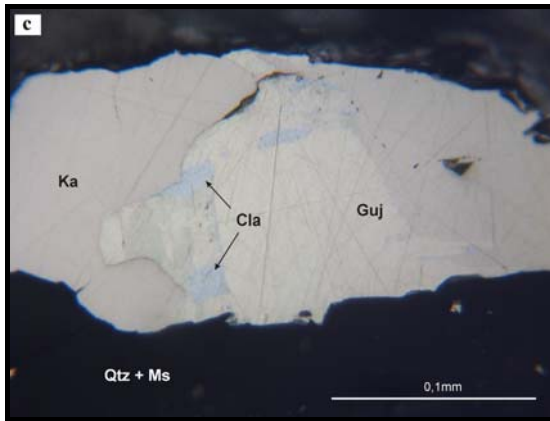
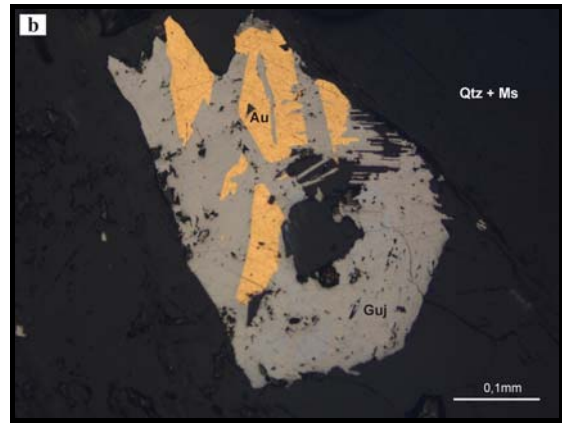
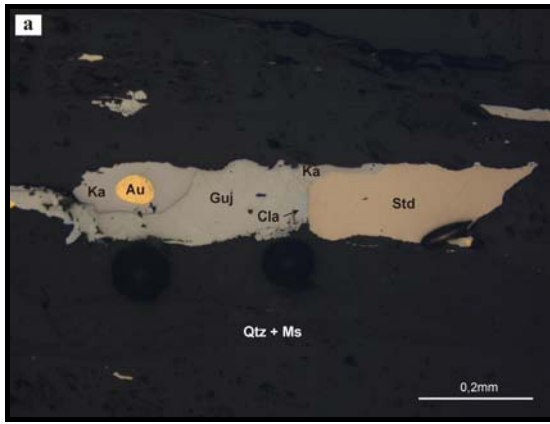
Figure 3.2 – Photography shown dark sheets associated to metallics minerals. The dark sheets represent the bluish gray muscovite-rich ore at the Buraco do Ouro mine. **(a)** Typical mineralized drill core sample taken in the drill hole FB-1 at 49,5m depth. **(b)** Hand sample shown strong foliation.

The main gangue minerals in the ore samples are quartz and muscovite, the same found in barren mylonite. In the surrounding quartz pockets, the quartz grains are anhedral to subhedral with undulose extinction, showing deformation bands and subgrains generation. The grains have dimensions from 0.8 to 7.5 mm and show concave-convex or sutured contacts. They can be elongated according to the foliation of the rock. In the mineralized sheets the quartz grains are smaller than 0.5 mm, have straight contacts and display mosaic textures. Muscovite occurs in two generations. An early muscovite is present as coarser pre-tectonic clasts, discordant to the mylonitic foliation. These clasts are interpreted as the primary magmatic muscovite from the peraluminous granite protolith (Menez and Botelho, 2008, in preparation), as pointed out in other mylonites of the Aurumina Suite by Botelho *et al.* (2006a and 2006b) and Cunha (2006). The second generation muscovite is the most abundant, occurring as thin

lamellae in the mylonitic foliation, in close association with the ore minerals. Trace amounts of zircon, monazite, tourmaline, rutile, chlorite, and siderite were identified in both mineralized and barren granite mylonites.

The metallic minerals identified in the Buraco do Ouro ore are, in order of abundance: guanajuatite (Bi_2Se_3) and associated unidentified Ag-Pb-Bi selenides, native gold, kalungaite (PdAsSe), stibiopalladinite (Pd_5Sb_2), uraninite (UO_2), padmaite (PdBiSe), sperrylite (PtAs_2), bohdanowiczite (AgBiSe_2), and clausthalite (PbSe). Chalcopyrite and pyrite are also observed in minor amounts. Magnetite, hematite, and a Mn-oxide were identified weakly disseminated in the host mylonite. Magnetite also forms local massive concentration in the barren hydrothermally altered mylonite, near the mineralized bodies. The ore minerals of the Buraco do Ouro mine is described below following their decreasing abundance. Representative chemical compositions of the minerals are shown in Table 3.1.

Guanajuatite occurs as 0.1 to 1.0 mm long individual and elongated grains or as agglomerates with kalungaite, stibiopalladinite, and gold. Inclusions of sperrylite and clausthalite are common in guanajuatite grains while inclusions of kalungaite, gold, stibiopalladinite, and uraninite are rare (Figures 3.3a, b and c). Guanajuatite displays symplectic intergrowths with chalcopyrite and stibiopalladinite, observed in the core of some grains (Figures 3.3d e e). A complex intergrowth between guanajuatite and clausthalite is also a common feature in the ore (Figure 3.3f). Guanajuatite (Bi_2Se_3) has a silver content varying between 2.0 and 20.6 wt.%, showing a continuous enrichment towards the composition of bohdanowiczite (AgBiSe_2), (Figure 3.4a). The chemical data suggest the possibility of a solid solution between these two minerals. This silver enrichment in bismuth selenide of the Buraco do Ouro mine was also described by Marchetto *et al.* (1993), but the authors called the mineral Ag-rich paraganajuatite (BiSeS), based on semi-quantitative EDS data. Indeed, the sulfur contents revealed by microprobe data (Table 3.1) are far below the range of sulfur concentration (13%) in paraganajuatite. Thus the main selenide in the Buraco do Ouro mine is an argentinian guanajuatite, simply called guanajuatite in this paper.



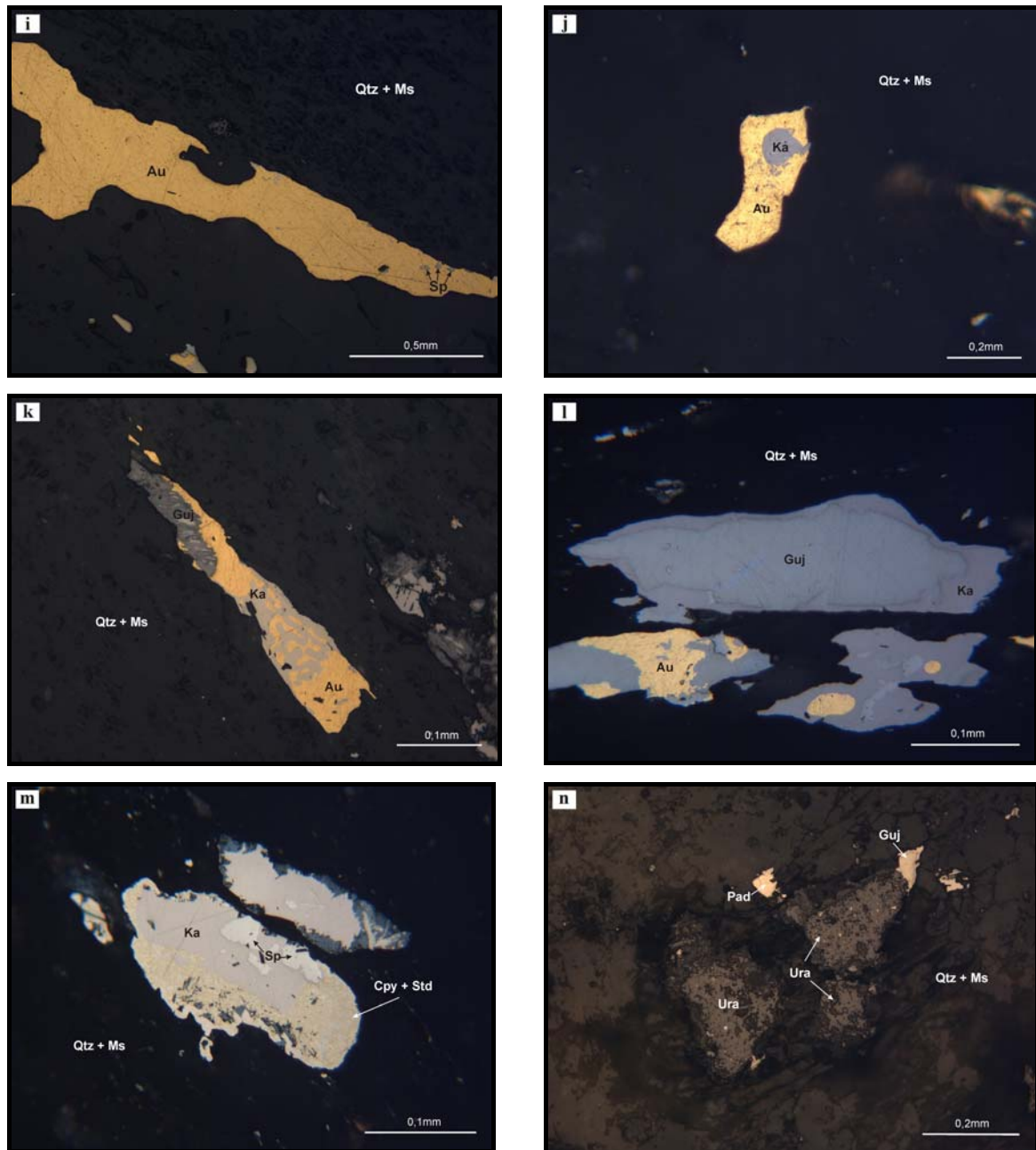


Figure 3.3 – Reflected light photomicrographs and SEM image of the main aspects of the Buraco do Ouro ore minerals. (a) Guanajuatite (Guj) associated with kalungaite (Ka), stibiopalladinite (Std), and clausthalite (Cla); note the inclusion of gold (Au) in the kalungaite grain. (b) Gold and guanajuatite association. (c) Association between kalungaite and guanajuatite with clausthalite inclusions. (d) Typical agglomerate of guanajuatite, kalungaite, padmaite (Pad), and sperrylite (Sp), with guanajuatite, chalcopyrite (Cpy), and stibiopalladinite symplectic intergrowth. (e) Back-scattered image (BSE) of the association in the Figure 3.3d. (f) Association between gold and a grain of guanajuatite intergrown with clausthalite, with sperrylite inclusions. (g) Guanajuatite (white) partially replaced by the Ag-Bi-Se phase (gray). (h) Guanajuatite partially replaced by the Se-rich phase (dark gray). (i) Native gold with sperrylite inclusions. (j) Rounded kalungaite inclusion in a gold grain. (k) Symplectic intergrowth between kalungaite and gold. (l) Guanajuatite entirely enveloped by kalungaite and gold associated with guanajuatite as irregular adjacent grains or rounded inclusions. (m) Symplectic intergrowth between chalcopyrite and stibiopalladinite associated with a kalungaite grain containing sperrylite inclusions. (n) Uraninite associated with padmaite and guanajuatite.

Ag-Pb-Bi-Se phases occur mainly as irregular overgrowths on guanajuatite. The observed textures suggest a substitution of the guanajuatite grains by dark gray minerals (Figures 3.3g and h). The Ag-richest phase has 44 wt.% Ag, twice as much the bodanowczite Ag content (Table 3.1, Figure 3.4a), and its best ideal calculated formula is Ag_3BiSe_2 . The Pb-richest phase has 22-23 wt.% Pb, similar to platynite (23-26 wt.% Pb). However, platynite ($\text{PbBi}_2(\text{Se}, \text{S})_2$) was discredited as a valid mineral, being a mixture of laitakarite ($\text{Bi}_4(\text{Se}, \text{S})_3$) and selenian galena (Holtstam and Söderhielm, 1999). This is not the case here, since a unique phase has been identified in the SEM analysis. Moreover, the best calculated ideal formula for the Buraco do Ouro Pb-Bi selenide, with minor Ag content, $(\text{Pb}, \text{Ag})\text{Bi}(\text{Se}, \text{S})_2$, is different from the platynite formula. Another unidentified selenide is a Se-rich phase, characterized by the same textural relationship observed in the Ag-rich selenide-guanajuatite association (Figure 3.3h). This selenide has 60-80 wt.% Se and no similar phase is described in the literature. By analogy with other alloys, this phase could be considered as native selenium with Bi, Ag, Pb and Cu impurities (Table 3.1).

Table 3.1 – Chemical compositions (wt.%) of ore minerals from the Buraco do Ouro mine.

| | | | Au | Ag | Pd | Pt | Bi | Pb | Cu | Fe | As | Sb | Se | S | TOTAL |
|----|-------------------|--------------------------|------|------|------|------|------|------|-----|-----|------|------|------|-----|-------|
| 1 | Guanajuatite | Bi_2Se_3 | | 12.8 | 0.1 | 1.0 | 46.3 | 5.1 | 0.9 | 0.6 | | | 31.6 | 1.5 | 99.9 |
| 2 | | | | 10.3 | 0.3 | 0.9 | 44.4 | 6.9 | 1.3 | 0.7 | | | 32.6 | 1.6 | 99.0 |
| 3 | Ag-Bi-Se phase | - | | 43.9 | | 0.6 | 26.2 | 5.7 | | 0.2 | | | 20.1 | 0.7 | 97.4 |
| 4 | | | 0.2 | 45.7 | | 0.1 | 24.1 | 1.8 | | 0.4 | 0.1 | | 23.9 | 0.4 | 96.7 |
| 5 | Ag-Pb-Bi-Se phase | - | 0.1 | 6.5 | 0.2 | 0.8 | 35.5 | 22.2 | 0.8 | 0.7 | | | 31.5 | 0.8 | 99.1 |
| 6 | | | 0.1 | 3.2 | | 0.9 | 37.0 | 22.6 | 1.9 | 1.1 | | | 29.8 | 0.9 | 97.5 |
| 7 | Se-rich phase | - | | 1.4 | | 0.1 | 9.2 | 9.0 | 2.7 | | | | 78.5 | 0.8 | 101.7 |
| 8 | | | | 3.2 | | 0.1 | 18.8 | 4.9 | 0.1 | | 0.1 | | 59.0 | 1.4 | 87.6 |
| 9 | Native Gold | Au | 93.4 | 5.4 | 0.4 | | 0.3 | 0.1 | | | | | | | 99.6 |
| 10 | | | 91.2 | 7.5 | 0.5 | | 0.3 | | | | | | | | 99.5 |
| 11 | Kalungaite | PdAsSe | | | 40.7 | | 0.5 | | | | 27.4 | 1.3 | 28.8 | 1.1 | 99.8 |
| 12 | | | | | 40.4 | 0.3 | 0.3 | | | | 27.9 | 1.2 | 28.5 | 1.2 | 99.8 |
| 13 | Stibiopalladinite | Pd_5Sb_2 | | | 70.7 | 0.2 | | 0.1 | 0.2 | 0.1 | 4.2 | 24.8 | | | 100.3 |
| 14 | | | 0.5 | | 71.2 | 0.4 | 0.1 | 0.1 | 0.2 | | 4.0 | 24.9 | | | 101.4 |
| 15 | Padmaite | PdBiSe | 0.2 | | 27.1 | 1.1 | 52.7 | | | | | | 20.7 | 0.1 | 101.9 |
| 16 | | | | | 27.2 | 1.2 | 53.1 | | | | | | 20.5 | 0.2 | 102.2 |
| 17 | Sperrylite | PtAs_2 | 0.1 | 0.1 | 0.8 | 56.1 | | | | | 40.8 | 0.1 | | 0.3 | 98.3 |
| 18 | | | | 0.1 | 1.1 | 56.6 | 0.1 | 0.3 | | | 40.1 | | | 0.3 | 98.6 |
| 19 | Clausthalite | PbSe | 0.1 | 0.9 | 0.1 | | | 69.4 | | 0.1 | 0.1 | | 28.2 | 0.4 | 99.3 |
| 20 | | | | 0.3 | 0.2 | 0.1 | | 70.4 | 0.1 | | 0.1 | | 29.1 | 0.2 | 100.5 |

Native gold has platy anhedral, rounded or elongated shapes, occurring as individual grains (up to 2 mm long) or associated with the PGE-minerals, selenides, and rarely uraninite. The textural relationships indicate at least two generations of gold. Firstly, and best representative of the ore textures in the Buraco do Ouro mine, it occurs as individual grains or in the agglomerates, containing inclusions of kalungaite and sperrylite or included in the kalungaite, stibiopalladinite, guanajuatite, and uraninite

(Figures 3.3a, b, i and j). A second generation of gold is represented by the symplectic intergrowth with kalungaite (Figure 3.3k). In this case, the intergrowth occupies the whole grain differently from the intergrowths involving guanajuatite, chalcopyrite, and stibiopalladinite, restricted to the center of the grains. The native gold contains up to 8.0 wt.% of silver but the palladium contents are low (up to 0.7 wt.% Pd) when compared with the palladian gold described in other selenide-rich Au-PGE associations as Hope's Nose, in Devon, England (Stanley *et al.*, 1990), Coronation Hill, Australia (Mernagh *et al.*, 1994) and the Serra Pelada gold-PGE deposit, in the Carajás Mineral Province, northern Brazil (Cabral *et al.*, 2002a and 2002b; Grainger *et al.*, 2002).

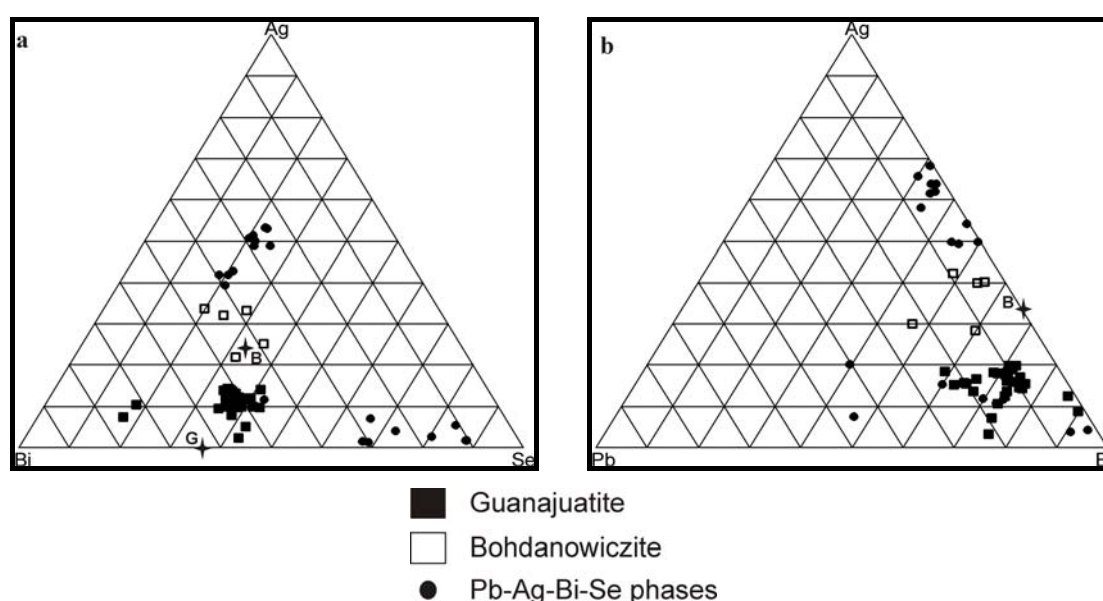


Figure 3.4 – Ternary diagrams for the Se-Bi-Pb-Ag phases in the Buraco do Ouro mine. (a) Ag-Bi-Se plot, in wt%, comparing guanajuatite and bohdanowiczite compositions. (b) Ag-Pb-Bi plot, in wt%. Bohdanowiczite ordinary (B) and guanajuatite ordinary (G).

Kalungaite is a Pd and As selenide, discovered in the Buraco do Ouro mine by Botelho *et al.* (2006b). It occurs mainly in composite grains together with the other metallic minerals. The typical texture is represented by guanajuatite enveloped by kalungaite (Figure 3.3l). It occurs also as individual anhedral grains (0.1-0.8 mm). Kalungaite contains inclusions of gold, sperrylite and, less common, stibiopalladinite. Together with gold, kalungaite occurs in three distinct textural relationships: i) hosting rounded gold grains (Figure 3.3a); ii) as rounded inclusions in individual gold grains (Figure 3.3j); and iii) forming a symplectic intergrowth (Figure 3.3k). Because of its relationships with the others metallic minerals, especially gold and guanajuatite, kalungaite looks like being crystallized for a long period during the formation of the

Cavalcante ore. However, as pointed out by Botelho *et al.* (2006b), the kalungaite has a homogeneous composition and the same levels of Bi, Sb and S impurities (Table 3.1) in all analysed samples.

Stibiopalladinite occurs as 0.1 to 0.4 mm individual anhedral grains or in agglomerates together with the minerals of the ore assemblage (Figures 3.3a and d). This mineral is also involved in symplectic intergrowth with chalcopyrite (Figure 3.3m). The Buraco do Ouro stibiopalladinite contains up to 4 wt.% As (Table 3.1).

Uraninite is described for the first time in the Buraco do Ouro mine. It occurs as rounded or anhedral grains (0.1 to 1.3 mm), isolated or associated with gold, guanajuatite, kalungaite, padmaite and, rarely, with stibiopalladinite and pyrite (Figure 3.3n). The concentration of uraninite in the ore seems important, as revealed by high gamma-spectrometric measures in the samples collected in the mine. As this mineral appears closely related to the Au-PGE minerals, we suggest the use of gamma-spectrometry in future underground and drill hole operations, as an additional tool in the search of mineralized zones.

Padmaite and *clausthalite* were identified in low proportions in the ore assemblage. They were best characterized with the aid of SEM and microprobe analyses because their small grains, disposed as inclusions or, in the case of clausthalite, intergrown with guanajuatite (Figures 3.3a and f). Otherwise, padmaite is very similar to kalungaite under reflected light (Figure 3.3b). The chemical composition of both selenides is shown in the Table 3.1.

3.6 – DISCUSSIONS AND CONCLUDING REMARKS

Ore Controls and Host Rock

The metallic minerals from the Buraco do Ouro mine are associated to the muscovite-quartz mylonite sheets, with major concentrations in the dark bluish or greenish gray muscovite-rich zones. In the barren mylonites, the muscovite is light green to yellowish green. In spite of the color variation, there is no chemical difference between the muscovites from mineralized and barren samples. We suggest that the bluish and greenish gray colors in the mineralized samples are caused by the concentration of the metallic minerals along the cleavage planes of the muscovite.

However, we do not disregard the hypothesis that non-analysed trace elements could also be the cause of the dark bluish or greenish color in the muscovite.

The interpretation of the mylonites as being derived from a granite protolith is based on the presence of the muscovite clasts, considered the magmatic muscovite of the peraluminous granite of the Aurumina Suite. As stated in previous works on the region (Botelho *et al.*, 2006a and 2006b; Cunha, 2006), this muscovite have high TiO_2 contents (Figure 3.5), similar to magmatic muscovite described in the literature.

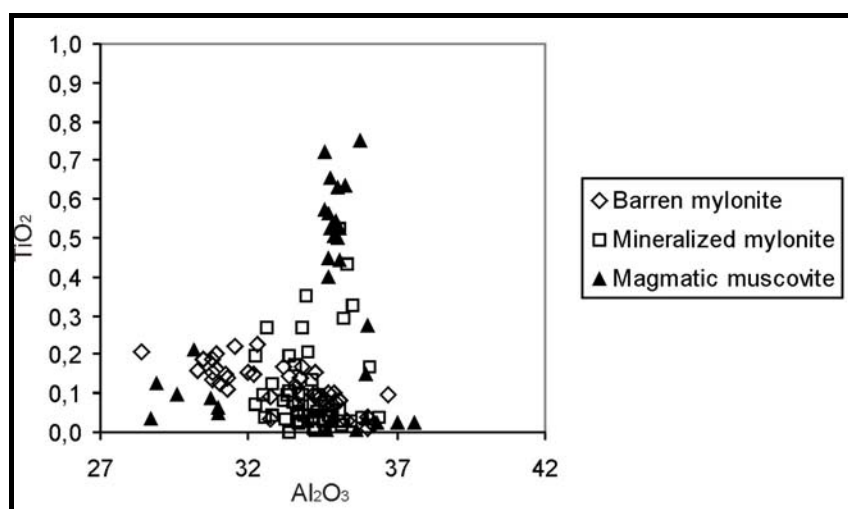


Figure 3.5 – Compositional diagram of the muscovite present at Buraco do Ouro mine rocks.

Formation Conditions

There are no fluid inclusions data for the mineralization at the Buraco do Ouro mine to indicate physical chemical conditions for transport and deposition of metals. Nevertheless, the textural relationships among metallic minerals, the nature of the host rocks in the mine and in the nearby area, as well as the published data on the behaviour of Pt, Pd, and Se allow to support some genetic interpretations of the Buraco do Ouro Au-PGE deposit.

Pt, Pd and Rh, in their native state, are practically immobile under most hydrothermal conditions (Mountain & Wood, 1998). However, they can be transported as complexes with Cl^- , HS^- , and OH^- by covalent bondings, as for gold and silver. The complexation of Pd and Pt with Cl^- is important in saline, oxidizing and acidic environments. When the ligand is OH^- , Pt and Pd are transported in basic to neutral pH and intermediary $f\text{O}_2$ conditions. The solubility of Pd and Pt chloride or hydroxide complexes is higher above 250°C (Mountain & Wood, 1998).

In the Buraco do Ouro Au-PGE deposit, there is no evidence of a chlorine-rich environment, considering that granites derived from metasedimentary sources, as the Aurumina Suite granites, have low Cl/H₂O ratio (Candela, 1989). Indeed, the chlorine content in the hydrothermal muscovite of the ore assemblage is very low (< 100 ppm), compared with muscovites from chlorine-rich environments (Botelho *et al.*, 2005). Otherwise, the predominant reducing character of the graphite-bearing country rocks, and even the granite related mylonites, precludes Pd and Pt transport as chloride complexes during formation of this deposit. The role of HS⁻ as a ligand is also disregarded because the scarcity of sulfur minerals in the Buraco do Ouro mine. Au-PGE hydrothermal deposits formed at extremely oxidizing conditions by Cl⁻ rich fluids are very rare (Lehmann *et al.*, 2003). The economically important examples are Serra Pelada deposit, Carajás Province, with a Au:Pt ratio around 8:2:1 (Lehmann *et al.*, 2003; Cabral *et al.*, 2002a) and Coronation Hill, Australia (Mernagh *et al.*, 1994). The transport of PGE as Se complexes cannot be considered because, at the required pH and fO₂ conditions for this complexing, OH⁻ is much more efficient as a ligand for Pd and Pt. Moreover, the effect of Se is generally to decrease the mobility of Pd and Pt (Mountain & Wood, 1998). These considerations suggest that, at the Buraco do Ouro Deposit, Pd and Pt were transported as hydroxides by low salinity aqueous fluids.

In the case of gold, there is no reference about its transport as OH⁻ complexes. The scarcity of sulfur mineral assemblages or chlorine-rich fluids precludes Au transport as chlorides or S-bearing complexes. The textural relationships in the ore assemblage of the Buraco do Ouro mine indicate that the main gold deposition occurred after the formation of sperrylite and stibiopalladinite, and just before and during the deposition of the selenides. Although there is no available experimental data in the literature on the behavior of Se as a gold ligand, the possibility of gold transport as complexes involving selenium should be considered, since there are suggestions indicating that Se-rich fluids at intermediate fO₂ can account for Se-bearing Au-Ag deposits (Simon *et al.*, 1997).

Considering all the previous discussions, it is suggested that the Cavalcante mineralization formed at least in three stages, regarding the nature of fluids, the transport of metals, and the oxygen fugacity (Figure 3.6). The first stage occurred at low fO₂ conditions, allowing the precipitation of sperrylite, stibiopalladinite, and gold. In the second stage, probably the most important for the PGE concentration as selenides, the precipitation of metals occurred at higher fO₂, but even below the hematite-magnetite

buffer. According to Pasava (1993), the PGE deposition as selenides requires a decreasing pH, temperature and ligand concentration, as well as an increasing in fO_2 . The textural relationships between gold and kalungaite, with inclusions of both phases and symplectic intergrowth, indicate that these minerals are coeval and that there was also gold precipitation at the second stage. The deposition of uraninite and magnetite occurred at the end of this stage. The third and latest stage occurred with the decreasing of fO_2 , after the deposition of oxides. The new conditions allowed the reequilibration of previous assemblages, yielding the formation of Ag-rich selenides, the suggested Se-Bi alloys, and the intergrowths among chalcopyrite, stibiopalladinite, and guanajuatite.

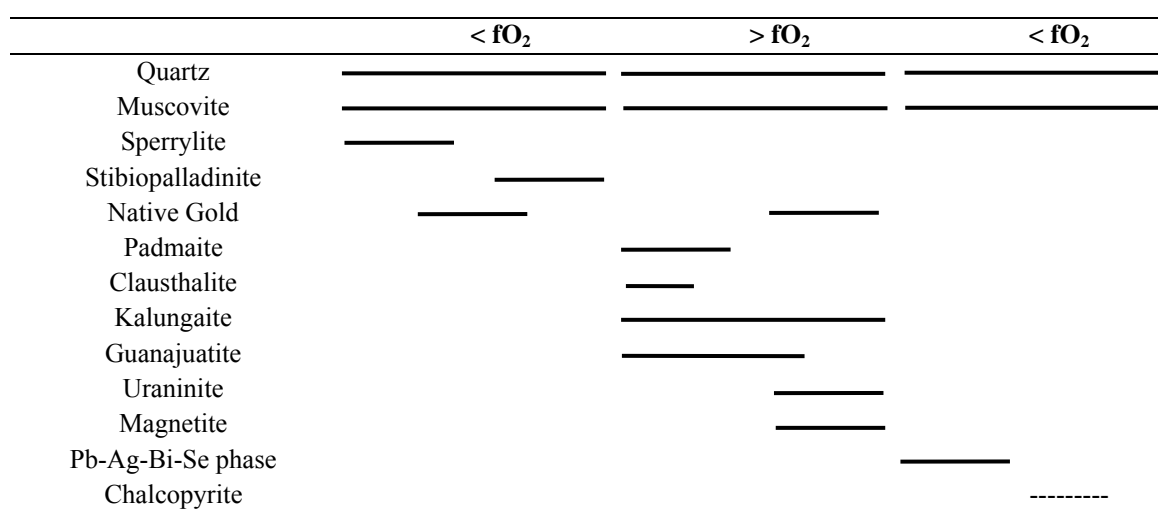


Figure 3.6 – Simplified paragenetic sequence for the Buraco do Ouro mineralization.

The lack of fluid inclusion data preclude a consistent discussion about the origin of the fluids involved in the Au-PGE mineralization. The origin of metals in the Buraco do Ouro mineralization is also a controversial issue. The presence of metasedimentary rocks of the Ticunzal Formation, described for the first time in the deposit, reinforce the suggestion that graphite-bearing country rocks could be the source of gold and PGE (Botelho *et al.* 2006a, Menez and Botelho, 2008, in preparation). These rocks are probably derived from protoliths similar to black shales, considered in the literature (Pasava, 1993; Wilde *et al.*, 2003) an alternative source for metals in unconventional PGE deposits.

3.7 - REFERENCES

- Alvarenga C.J.S., Dardenne M.A., Botelho N.F., Machado M.A., Lima O.N.B., Almeida T. 2007. *Relatório final das folhas Monte Alegre de Goiás, Cavalcante e Nova Roma*. Programa Geologia do Brasil (PGB/CGB). UnB/CPRM.
- Botelho N.F., Fuck R.A., Dantas E.L., Junges S.L. 2006a. The Paleoproterozoic peraluminous Aurumina granite suite, Goiás and Tocantins, Brazil: Geological, whole rock geochemistry and U-Pb and Sm-Nd isotopic constraints. *In: IGPC, 509, Abstracts*.
- Botelho N.F., Moura M.A., Peterson R.C., Stanley C.J., Silva D.V. 2006b. Kalungaite, PdAsSe, a new platinum group mineral from Buraco do Ouro gold mine, Cavalcante, Goiás State, Brazil. *Mineralogical Magazine*, **70(1)**:123-130.
- Botelho N.F., Moura M.A., Teixeira L.M., Olivo G.R., Cunha L.M., Santana M.U. 2005. Caracterização geológica e metalogenética do depósito Cu ± (Au, W, Mo, Sn) Breves, Carajás. *In: O.J. Marini, E.T. de Queiroz, B.W. Ramos (eds.) Caracterização em depósitos minerais em distritos mineiros da Amazônia*. DNPM, CT-Mineral/FINEP, ADIMB, pp.: 335-389.
- Botelho N.F. & Silva D.V. 2005. Mineralizações de Au e PGE hospedadas em rochas graníticas peraluminosas do nordeste de Goiás: discussão sobre depósitos não convencionais de platinóides. *In: Simp. Bras. Metalogenia, 1, CD Rom de Resumos*.
- Botelho N.F. & Moura M.A. 1998. Granite-ore deposit relationships in Central Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, **11(5)**:427-438.
- Cabral A.R., Lehmann B., Kwitko R., Cravo Costa C.H. 2002a. The Serra Pelada Au-Pd-Pt deposit, Carajás Mineral Province, Northern Brazil: Reconnaissance mineralogy and chemistry of very high grade palladian gold mineralization. *Economic Geology*, **97**:1127-1138.
- Cabral A.R., Lehmann B., Kwitko R., Cravo Costa C.H. 2002b. Palladium and platinum minerals from the Serra Pelada Au-Pd-Pt deposit, Carajás Mineral Province, Northern Brazil. *The Canadian Mineralogist*, **40**:1451-1463.
- Candela P.A. 1989. Felsic magmas, volatiles, and metallogenesis. *Rev. Econ. Geol.*, **4**:223-233.
- Cunha L.M. 2006. *Gênese e controle da mineralização de Au e Ag associada a granitos peraluminosos na mina de Aurumina, Goiás*. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade de Brasília. 103 p.
- D'el Rey Silva L.J.H. & Senna Filho V. 1998. Ouro em sericita-quartzo hidrotermalitos controlados por cisalhamentos conjugados brasileiros, na região de Cavalcante (GO). Brasil Central. *Rev. Bras. Geoc.*, **28(3)**:405-408.
- Grainger C.J., Groves D.I., Costa C.H. 2002. The epigenetic sediment-hosted Serra Pelada Au-PGE Deposit and its potential genetic association with Fe oxide Cu-Au

- mineralization within the Carajás Mineral Province, Amazon Craton, Brazil. *Economic Geology*, Special Publication **9**:47-64.
- Hippertt J.F.M. & Massucatto A.J. 1998. Phyllonitization and development of kilometer-scale extension gashes in a continental-scale strike-slip shear zone, north-Goiás, Central Brazil. *Journ. Struct. Geol.*, **20**:433-445.
- Holtstam D. & Söderhielm J. 1999. The discreditation of platynite. *The Canadian Mineralogist.*, **37**:1313-1315.
- Lehmann B., Mao J., Shengrong L., Zhang G., Zeng M. 2003. Re-Os dating of polymetallic Ni-Mo-PGE-Au mineralization in Lower Cambrian black shales of South China and its geological significance – A reply. *Economic Geology*, **98**:663-665.
- Marchetto C.M.L., Larson L.T., Figueiredo A.N. 1993. Platinum group minerals and gold in acid rocks, Cavalcante, Brazil. In: Brazilian Meeting on Platinum Group Elements, 1. *Extend Abstracts*, p. 47-51.
- Menez J.M. 2008. *Depósito de Au-Pd-Pt associado a granito, mina Buraco do Ouro, Cavalcante, Goiás: Caracterização e modelo da mineralização*. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, 104p.
- Menez J.M. & Botelho N.F. 2008. Mineralização não convencional de Au-EGP relacionada a granitos peraluminosos da mina Buraco do Ouro, Cavalcante, estado de Goiás, Brasil. In preparation.
- Mernagh T.P., Heinrich C.A., Leckie J.F., Carville D.P., Gilbert D.J., Valenta R.K., Wyborn L.A.I. 1994. Chemistry of low-temperature hydrothermal gold, platinum, and palladium (\pm uranium) mineralization at Coronation Hill, Northern Territory, Australia. *Economic Geology*, **89**:1053-1073.
- Mountain B.W. & Wood S.A. 1988. Chemical controls on the solubility, transport, and deposition of platinum and palladium in hydrothermal solutions: A thermodynamic approach. *Economic Geology*, **83**:492-510.
- Pasava J. 1993. Anoxic sediments – an important environment for PGE; An overview. *Ore Geology Reviews*, **8**:425-445.
- Simon G., Kesler S.E., Essene E.J. 1997. Phase relations among selenides, sulfides, tellurides, and oxides: II. Applications to selenides-bearing ore deposits. *Economic Geology*, **92**:468-484.
- Stanley C.J., Criddle A.J., Lloyd D. 1990. Precious and metal selenide mineralization at Hope's Nose, Torquay, Devon. *Mineralogical Magazine*, **54**:485-493.
- Wilde A., Edwards A., Yakubchuk A. 2003. Unconventional deposits of Pt and Pd: A review with implications for exploration. *SEG Newsletter*, **52**:9-18.

CONCLUSÕES

Capítulo 4

CONCLUSÕES

Os estudos geológicos, petrográficos e geoquímicos desenvolvidos nesta Dissertação de Mestrado contribuíram para o detalhamento e caracterização da mineralização de ouro e platinóides da mina Buraco do Ouro, em Cavalcante e, assim, colaboraram com a evolução do conhecimento sobre o potencial metalogenético da porção nordeste do estado de Goiás. A seguir, são apresentadas as principais conclusões a que se chegou com este trabalho.

- A mina Buraco do Ouro, localizada na cidade de Cavalcante, é um depósito de Au-EGP hospedado em muscovita-quartzo milonito, associado à zona de cisalhamento E-W. Tal zona de cisalhamento, que foi desenvolvida praticamente na mesma época da intrusão, ocorrida em torno de 2,15 Ga, situa-se nas proximidades do contato entre o biotita-muscovita granito da Suíte Aurumina e sua rocha encaixante da Formação Ticunzal, formada por xistos e paragneisses grafitosos.

- O muscovita-quartzo milonito, hospedeiro do minério de Cavalcante, foi gerado a partir da deformação/metamorfismo do biotita-muscovita granito da Suíte Aurumina como sugerem a presença de restos de feldspato potássico e de muscovita magmática e o padrão ETR semelhante ao do granito.

- A formação da mineralização de Cavalcante divide-se em três estágios com relação à fO_2 : (i) menores condições de fO_2 , sob os quais ocorre a precipitação do ouro e a geração de arsenetos e antimonetos como sperrylita e estibiopaladinita; (ii) maiores valores de fO_2 , porém ainda abaixo do tampão magnetita-hematita, com a formação dos selenetos kalungaíta, padmaíta, guanajuatita e claustalita e dos óxidos uraninita e magnetita; (iii) retorno a menores condições de fO_2 , que acarreta a exsolução de antimonetos e sulfetos dos selenetos e óxidos, gerando o intercrescimento simplectítico entre calcopirita, estibiopaladinita e guanajuatita e a formação de fases ricas em Se que se associam a guanajuatita.

- Os fluidos transportadores de Au, Pt e Pd na mina provavelmente eram aquosos e pouco salinos, com Au e EGP sendo conduzidos na forma de complexos com OH^- e Se. O fluido percolaria pelas rochas carbonosas da Formação Ticunzal removendo Au, Pt e Pd e, ao percolar pelo granito da Suíte Aurumina, as mudanças nas

condições de pH e fO_2 fariam com que os metais se precipitassem. A precipitação dos EGP ocorreria devido à redução de pH, a diminuição da temperatura, redução do conteúdo do complexante ou pelo aumento da fO_2 , sendo este último o maior potencial para a precipitação dos platinóides.

- Os condutos para os fluidos, possivelmente, foram a zona de cisalhamento E-W, desenvolvida sobre o granito, e o contato entre o granito e sua rocha encaixante.

- A razão $Au > Pd > Pt$ da mina Buraco do Ouro a caracteriza como um depósito hidrotermal de Au-EGP, assim como ocorre, por exemplo, no depósito de ouro e EGP de Serra Pelada, na região de Carajás.

- Em algumas porções da bacia onde se depositou a Formação Ticunzal, possivelmente, houve geração de folhelhos negros, que são fontes alternativas de platinóides. Essa observação, aliada às análises químicas do minério de Cavalcante e de rochas da Suíte Aurumina e Formação Ticunzal, sugere que a provável fonte dos metais da mina Buraco do Ouro é o xisto e o paragnaisse grafitosos da Formação Ticunzal, os quais podem ser o produto do metamorfismo de folhelhos negros.

- A associação entre Au-EGP e rochas graníticas, sem o registro geoquímico da presença de rochas ultramáficas, caracteriza a mina Buraco do Ouro como um depósito não-convencional de platinóides.

- A mina Buraco do Ouro exhibe algumas características importantes e algumas diferenças com relação aos depósitos de ouro do tipo *intrusion-related*. Assim, a mina pode ser definida como um depósito de ouro do tipo *intrusion-related*, porém com importante contribuição da rocha encaixante como fonte dos metais.

Sugestões para Exploração Regional e Trabalhos Futuros

Considerando o modelo genético proposto para a mina Buraco do Ouro, em que o depósito estaria associado à intrusão granítica da Suíte Aurumina, podem-se sugerir as seguintes orientações na exploração regional e para trabalhos futuros na mina:

- Os granitos tipo-S e de idade em torno de 2,15 Ga da região nordeste de Goiás não definem, por si só, áreas potenciais para hospedarem mineralizações de EGP e, principalmente, ouro. As intrusões de biotita-muscovita granito, o qual possui anomalia aerogamaespectrométrica, possuem maior possibilidade de presença de mineralização, sendo essa a associação comum na região.

- A presença de zonas de cisalhamento paleoproterozóicas nas proximidades do contato entre biotita-muscovita granito e sua rocha encaixante grafitosa podem ser indicativas de mineralização, pois as zonas podem ter funcionado como condutos para os fluidos enriquecidos em Au e EGP.

- O uso de gamaespectrometria na mina seria útil nos trabalhos subterrâneos e em sondagens futuros para a localização de zonas mineralizadas, em vista da íntima associação entre uraninita e ouro.

ANEXOS

ANEXO 1
QUÍMICA MINERAL
MICAS

MUSCOVITA

| Biotita-muscovita granito | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---------------|---------------|--------------|--------------|--------------|---------------|---------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------------|--------------|
| | CV1A PT2 | CV1A PT3 | CV1A PT5 | CV1A PT6 | CV1A PT7 | CV1A PT8 | CV1A PT9 | CV1A PT10 | CV1A PT11 | CV1A PT12 | CV1A PT13 | CV1A PT14 | CV1A PT15 | CV1A PT16 | CV1A PT17 | CV1A PT19 | CV1A PT20 | CV1A PT21 | CV1A PT23 | CV1A PT24 | CV1A PT25 | CV1A PT26 | CV1B PT1 | CV1B PT2 |
| SiO ₂ | 49,63 | 49,80 | 46,11 | 46,46 | 46,25 | 47,11 | 46,53 | 45,60 | 44,21 | 45,19 | 48,89 | 49,38 | 46,48 | 46,97 | 49,30 | 49,20 | 49,39 | 47,13 | 50,30 | 48,87 | 50,28 | 49,24 | 46,89 | 45,64 |
| TiO ₂ | 0,43 | 0,55 | 0,12 | 0,06 | 0,02 | 0,12 | 0,00 | 0,00 | 0,04 | 0,04 | 0,49 | 0,27 | 0,04 | 0,01 | 0,52 | 0,52 | 0,38 | 0,05 | 0,56 | 0,72 | 0,38 | 0,98 | 0,06 | 0,29 |
| Al ₂ O ₃ | 28,52 | 28,39 | 35,47 | 35,75 | 35,45 | 35,37 | 36,26 | 34,50 | 34,18 | 35,19 | 28,56 | 27,94 | 33,97 | 35,76 | 27,83 | 27,21 | 28,08 | 34,84 | 28,02 | 28,34 | 27,69 | 27,73 | 35,57 | 35,44 |
| FeO _i | 3,41 | 3,54 | 0,95 | 0,96 | 0,99 | 0,99 | 0,98 | 1,02 | 1,14 | 0,87 | 3,34 | 2,68 | 1,04 | 0,95 | 3,19 | 3,26 | 3,32 | 1,24 | 3,04 | 3,27 | 3,09 | 3,15 | 1,09 | 0,97 |
| MnO | 0,02 | 0,00 | 0,02 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,03 | 0,00 | 0,03 | 0,06 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 |
| MgO | 2,66 | 2,63 | 0,54 | 0,61 | 0,68 | 0,79 | 0,83 | 0,63 | 0,80 | 0,55 | 2,47 | 2,38 | 0,86 | 0,53 | 2,43 | 2,30 | 2,41 | 0,74 | 2,44 | 2,29 | 2,45 | 2,52 | 0,74 | 0,55 |
| CaO | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,02 | 0,01 | 0,03 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| BaO | 0,00 | 0,07 | 0,09 | 0,08 | 0,00 | 0,11 | 0,00 | 0,00 | 0,03 | 0,00 | 0,16 | 0,20 | 0,08 | 0,00 | 0,01 | 0,08 | 0,03 | 0,04 | 0,03 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 |
| Na ₂ O | 0,13 | 0,01 | 0,29 | 0,52 | 0,39 | 0,39 | 0,46 | 0,25 | 0,21 | 0,49 | 0,04 | 0,08 | 0,66 | 0,34 | 0,09 | 0,18 | 0,11 | 0,28 | 0,00 | 0,00 | 0,03 | 0,00 | 0,55 | 0,49 |
| K ₂ O | 10,98 | 11,15 | 10,59 | 10,70 | 10,68 | 10,73 | 10,72 | 10,57 | 10,01 | 10,27 | 10,87 | 10,70 | 10,33 | 10,32 | 10,67 | 10,93 | 10,94 | 10,82 | 10,87 | 10,99 | 11,04 | 10,91 | 10,83 | 10,19 |
| H ₂ O | 4,48 | 4,49 | 4,46 | 4,51 | 4,48 | 4,53 | 4,54 | 4,39 | 4,30 | 4,39 | 4,43 | 4,40 | 4,43 | 4,51 | 4,41 | 4,38 | 4,43 | 4,50 | 4,47 | 4,42 | 4,45 | 4,42 | 4,53 | 4,44 |
| Cl | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,02 | 0,01 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,00 | 0,00 |
| Total | 100,25 | 100,63 | 98,64 | 99,64 | 98,94 | 100,15 | 100,37 | 96,97 | 94,97 | 97,07 | 99,25 | 98,04 | 97,88 | 99,41 | 98,47 | 98,06 | 99,10 | 99,63 | 99,73 | 98,91 | 99,41 | 98,97 | 100,26 | 98,01 |
| Fórmula calculada na base de 22 oxigênios equivalentes | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Si | 6,65 | 6,65 | 6,19 | 6,18 | 6,20 | 6,24 | 6,15 | 6,23 | 6,17 | 6,17 | 6,62 | 6,73 | 6,29 | 6,24 | 6,71 | 6,74 | 6,69 | 6,28 | 6,74 | 6,63 | 6,77 | 6,67 | 6,21 | 6,16 |
| Al ^{IV} | 1,35 | 1,35 | 1,81 | 1,82 | 1,81 | 1,76 | 1,85 | 1,77 | 1,83 | 1,84 | 1,38 | 1,27 | 1,71 | 1,76 | 1,30 | 1,26 | 1,31 | 1,73 | 1,26 | 1,37 | 1,23 | 1,33 | 1,79 | 1,84 |
| ∑ IV | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 |
| Al ^{VI} | 3,15 | 3,13 | 3,81 | 3,79 | 3,79 | 3,75 | 3,79 | 3,79 | 3,79 | 3,82 | 3,18 | 3,22 | 3,72 | 3,84 | 3,17 | 3,13 | 3,17 | 3,74 | 3,17 | 3,17 | 3,17 | 3,10 | 3,76 | 3,80 |
| Ti | 0,04 | 0,06 | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,05 | 0,03 | 0,01 | 0,00 | 0,05 | 0,05 | 0,04 | 0,01 | 0,06 | 0,07 | 0,04 | 0,10 | 0,01 | 0,03 |
| Fe | 0,38 | 0,40 | 0,11 | 0,11 | 0,11 | 0,11 | 0,11 | 0,12 | 0,13 | 0,10 | 0,38 | 0,31 | 0,12 | 0,11 | 0,36 | 0,37 | 0,38 | 0,14 | 0,34 | 0,37 | 0,35 | 0,36 | 0,12 | 0,11 |
| Mn | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Mg | 0,53 | 0,53 | 0,11 | 0,12 | 0,14 | 0,16 | 0,16 | 0,13 | 0,17 | 0,11 | 0,50 | 0,48 | 0,17 | 0,11 | 0,49 | 0,47 | 0,49 | 0,15 | 0,49 | 0,46 | 0,49 | 0,51 | 0,15 | 0,11 |
| ∑ VI | 4,10 | 4,10 | 4,04 | 4,03 | 4,04 | 4,03 | 4,07 | 4,04 | 4,09 | 4,05 | 4,10 | 4,04 | 4,01 | 4,05 | 4,07 | 4,03 | 4,07 | 4,03 | 4,06 | 4,08 | 4,04 | 4,07 | 4,03 | 4,05 |
| Ca | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Ba | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Na | 0,04 | 0,00 | 0,08 | 0,14 | 0,10 | 0,10 | 0,12 | 0,07 | 0,06 | 0,13 | 0,01 | 0,02 | 0,17 | 0,09 | 0,03 | 0,05 | 0,03 | 0,07 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,14 | 0,13 |
| K | 1,88 | 1,90 | 1,81 | 1,82 | 1,83 | 1,81 | 1,81 | 1,84 | 1,78 | 1,79 | 1,88 | 1,86 | 1,78 | 1,75 | 1,85 | 1,91 | 1,89 | 1,84 | 1,86 | 1,90 | 1,90 | 1,89 | 1,83 | 1,75 |
| ∑ A | 1,91 | 1,91 | 1,89 | 1,96 | 1,93 | 1,92 | 1,93 | 1,91 | 1,84 | 1,92 | 1,90 | 1,89 | 1,96 | 1,84 | 1,88 | 1,96 | 1,92 | 1,91 | 1,86 | 1,90 | 1,91 | 1,89 | 1,97 | 1,88 |
| OH | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Cl | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |

| Biotita-muscovita granito | | | | | | | | | | |
|--|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | CV1B PT3 | CV1B PT4 | CV1B PT5 | CV1B PT6 | CV1B PT7 | CV1B PT12 | CV1B PT13 | CV1B PT14 | CV1B PT15 | CV1B PT16 |
| SiO ₂ | 47,55 | 49,64 | 49,54 | 50,74 | 49,83 | 45,04 | 46,29 | 48,43 | 49,68 | 50,06 |
| TiO ₂ | 0,69 | 0,50 | 0,35 | 0,18 | 0,50 | 0,24 | 0,02 | 0,25 | 0,44 | 0,44 |
| Al ₂ O ₃ | 30,37 | 27,69 | 27,72 | 28,32 | 28,07 | 34,77 | 35,49 | 31,19 | 27,71 | 27,18 |
| FeO _t | 2,09 | 3,05 | 3,07 | 2,45 | 3,01 | 1,11 | 1,22 | 1,93 | 3,23 | 2,92 |
| MnO | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,04 | 0,00 | 0,07 | 0,00 | 0,06 | 0,00 |
| MgO | 1,69 | 2,70 | 2,58 | 2,64 | 2,61 | 0,63 | 0,91 | 1,41 | 2,67 | 2,54 |
| CaO | 0,01 | 0,00 | 0,02 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 |
| BaO | 0,03 | 0,35 | 0,16 | 0,09 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,03 | 0,01 | 0,12 |
| Na ₂ O | 0,04 | 0,34 | 0,00 | 0,08 | 0,03 | 0,52 | 0,40 | 0,27 | 0,10 | 0,00 |
| K ₂ O | 10,81 | 10,89 | 11,13 | 11,38 | 11,03 | 10,55 | 10,66 | 10,76 | 11,13 | 11,27 |
| H ₂ O | 4,39 | 4,44 | 4,42 | 4,50 | 4,46 | 4,39 | 4,50 | 4,45 | 4,44 | 4,42 |
| Cl | 0,01 | 0,02 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 |
| Total | 97,67 | 99,60 | 98,99 | 100,39 | 99,57 | 97,25 | 99,54 | 98,72 | 99,48 | 98,95 |
| Fórmula calculada na base de 22 oxigênios equivalentes | | | | | | | | | | |
| Si | 6,50 | 6,70 | 6,72 | 6,76 | 6,70 | 6,15 | 6,17 | 6,53 | 6,71 | 6,79 |
| Al ^{IV} | 1,50 | 1,30 | 1,28 | 1,24 | 1,30 | 1,85 | 1,83 | 1,47 | 1,29 | 1,21 |
| ∑ IV | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 |
| Al ^{VI} | 3,39 | 3,11 | 3,15 | 3,20 | 3,15 | 3,75 | 3,75 | 3,48 | 3,12 | 3,13 |
| Ti | 0,07 | 0,05 | 0,04 | 0,02 | 0,05 | 0,03 | 0,00 | 0,03 | 0,05 | 0,04 |
| Fe | 0,24 | 0,34 | 0,35 | 0,27 | 0,34 | 0,13 | 0,14 | 0,22 | 0,37 | 0,33 |
| Mn | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,01 | 0,00 |
| Mg | 0,34 | 0,54 | 0,52 | 0,52 | 0,52 | 0,13 | 0,18 | 0,28 | 0,54 | 0,51 |
| ∑ VI | 4,04 | 4,05 | 4,06 | 4,02 | 4,07 | 4,03 | 4,08 | 4,01 | 4,07 | 4,02 |
| Ca | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Ba | 0,00 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 |
| Na | 0,01 | 0,09 | 0,00 | 0,02 | 0,01 | 0,14 | 0,10 | 0,07 | 0,03 | 0,00 |
| K | 1,88 | 1,88 | 1,93 | 1,93 | 1,89 | 1,84 | 1,81 | 1,85 | 1,92 | 1,95 |
| ∑ A | 1,90 | 1,98 | 1,94 | 1,96 | 1,90 | 1,98 | 1,92 | 1,92 | 1,94 | 1,96 |
| OH | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Cl | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |

Muscovita com lamelas maiores que 0,3mm

| Muscovita-quartzo milonito | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-------------------|------------------|------------------|------------------|
| | 70N2 26,80PT1 | 70N2 26,80PT2 | 70N2 26,80PT3 | 70N2 35,23PT1 | 70N2 35,23PT2 | 70N2 35,23PT3 | 70N2 35,23PT4 | 70N2 44,95PT1 | 70N2 44,95PT3 | 70N2 44,95PT6 | 70N2 82,60PT1 | 70N2 82,60PT2 | 70N2 82,60PT8 | 70N2 82,60PT9 | 70N2 82,60PT13 | 98S1 57,43PT1 | 98S1 57,43PT2 | 98S1 93,33PT1 |
| SiO ₂ | 45,37 | 45,70 | 45,80 | 46,70 | 45,86 | 45,10 | 45,29 | 46,86 | 46,31 | 46,33 | 44,27 | 47,02 | 45,20 | 45,32 | 44,54 | 46,65 | 45,49 | 44,53 |
| TiO ₂ | 0,75 | 0,27 | 0,15 | 0,21 | 0,04 | 0,12 | 0,10 | 0,09 | 0,05 | 0,06 | 0,00 | 0,02 | 0,03 | 0,03 | 0,00 | 0,02 | 0,02 | 0,45 |
| Al ₂ O ₃ | 35,75 | 36,01 | 35,92 | 30,15 | 28,72 | 28,92 | 29,58 | 30,69 | 30,95 | 30,94 | 34,63 | 37,01 | 34,82 | 35,95 | 35,64 | 37,57 | 36,34 | 34,72 |
| FeO _i | 1,21 | 1,33 | 1,25 | 4,98 | 5,22 | 6,32 | 5,41 | 4,64 | 5,04 | 5,09 | 1,08 | 0,87 | 1,48 | 1,22 | 1,24 | 0,34 | 0,75 | 1,74 |
| MnO | 0,02 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,02 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,08 | 0,05 | 0,04 | 0,00 | 0,00 | 0,02 | 0,01 | 0,00 | 0,00 |
| MgO | 0,54 | 0,44 | 0,44 | 1,36 | 1,71 | 1,56 | 1,42 | 1,39 | 1,45 | 1,24 | 0,28 | 0,19 | 0,31 | 0,18 | 0,22 | 0,00 | 0,03 | 0,48 |
| CaO | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,03 | 0,00 | 0,00 | 0,05 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| BaO | 0,00 | 0,00 | 0,03 | 0,16 | 0,08 | 0,00 | 0,11 | 0,06 | 0,18 | 0,12 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,10 | 0,00 | 0,11 | 0,00 |
| Na ₂ O | 0,03 | 0,21 | 0,26 | 0,03 | 0,15 | 0,00 | 0,34 | 0,00 | 0,25 | 0,00 | 0,47 | 0,21 | 0,24 | 0,42 | 0,33 | 0,52 | 0,00 | 0,44 |
| K ₂ O | 10,92 | 11,08 | 11,08 | 11,04 | 10,87 | 10,96 | 10,95 | 10,98 | 11,07 | 11,28 | 10,54 | 10,88 | 10,81 | 10,53 | 10,83 | 10,68 | 10,68 | 10,49 |
| H ₂ O | 4,47 | 4,48 | 4,48 | 4,37 | 4,27 | 4,25 | 4,28 | 4,39 | 4,39 | 4,39 | 4,32 | 4,57 | 4,38 | 4,43 | 4,38 | 4,56 | 4,44 | 4,37 |
| Cl | 0,00 | 0,01 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,00 |
| Total | 99,06 | 99,53 | 99,43 | 98,99 | 96,93 | 97,27 | 97,48 | 99,12 | 99,70 | 99,52 | 95,72 | 100,84 | 97,31 | 98,14 | 97,30 | 100,36 | 97,85 | 97,22 |
| Fórmula calculada na base de 22 oxigênios equivalentes | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Si | 6,09 | 6,11 | 6,13 | 6,41 | 6,44 | 6,36 | 6,35 | 6,40 | 6,32 | 6,34 | 6,15 | 6,17 | 6,18 | 6,13 | 6,10 | 6,13 | 6,15 | 6,11 |
| Al ^{IV} | 1,91 | 1,89 | 1,87 | 1,59 | 1,56 | 1,64 | 1,65 | 1,60 | 1,68 | 1,66 | 1,85 | 1,83 | 1,82 | 1,87 | 1,90 | 1,87 | 1,85 | 1,89 |
| ∑ IV | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 |
| Al ^{VI} | 3,75 | 3,79 | 3,80 | 3,28 | 3,20 | 3,16 | 3,23 | 3,34 | 3,30 | 3,32 | 3,82 | 3,89 | 3,79 | 3,86 | 3,85 | 3,95 | 3,94 | 3,72 |
| Ti | 0,08 | 0,03 | 0,02 | 0,02 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,05 |
| Fe | 0,14 | 0,15 | 0,14 | 0,57 | 0,61 | 0,75 | 0,63 | 0,53 | 0,58 | 0,58 | 0,13 | 0,10 | 0,17 | 0,14 | 0,14 | 0,04 | 0,09 | 0,20 |
| Mn | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Mg | 0,11 | 0,09 | 0,09 | 0,28 | 0,36 | 0,33 | 0,30 | 0,28 | 0,30 | 0,25 | 0,06 | 0,04 | 0,06 | 0,04 | 0,04 | 0,00 | 0,01 | 0,10 |
| ∑ VI | 4,07 | 4,05 | 4,04 | 4,16 | 4,18 | 4,25 | 4,17 | 4,16 | 4,18 | 4,17 | 4,00 | 4,03 | 4,03 | 4,04 | 4,04 | 3,99 | 4,03 | 4,07 |
| Ca | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Ba | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,01 | 0,00 |
| Na | 0,01 | 0,05 | 0,07 | 0,01 | 0,04 | 0,00 | 0,09 | 0,00 | 0,07 | 0,00 | 0,13 | 0,05 | 0,06 | 0,11 | 0,09 | 0,13 | 0,00 | 0,12 |
| K | 1,87 | 1,89 | 1,89 | 1,93 | 1,95 | 1,97 | 1,96 | 1,91 | 1,93 | 1,97 | 1,87 | 1,82 | 1,89 | 1,82 | 1,89 | 1,79 | 1,84 | 1,84 |
| ∑ A | 1,88 | 1,94 | 1,96 | 1,95 | 2,00 | 1,97 | 2,06 | 1,92 | 2,00 | 1,98 | 2,00 | 1,88 | 1,96 | 1,93 | 1,98 | 1,92 | 1,85 | 1,95 |
| OH | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Cl | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |

| | Muscovita-quartzo milonito | | | | | | | | | | | | | | Pegmatito | | |
|--|----------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|------------------|------------------|------------------|
| | 98S1 93,33PT2 | 98S1 93,33PT3 | 98S1 93,33PT4 | 98S1 93,33PT5 | 98S1 93,33PT6 | 98S1 93,33PT12 | 98S1 93,33PT13 | 98S1 93,33PT14 | 98S1 93,33PT15 | 98S1 93,33PT16 | 98S1 93,33PT17 | 98S1 93,33PT18 | 98S1 93,33PT19 | 98S1 93,33PT20 | 98S1 89,51PT1 | 98S1 89,51PT2 | 98S1 89,51PT9 |
| SiO ₂ | 45,17 | 45,44 | 44,75 | 45,15 | 45,07 | 44,36 | 44,87 | 44,97 | 45,77 | 45,31 | 44,61 | 44,97 | 45,40 | 44,31 | 44,68 | 44,57 | 46,38 |
| TiO ₂ | 0,54 | 0,52 | 0,57 | 0,44 | 0,40 | 0,56 | 0,65 | 0,53 | 0,64 | 0,50 | 0,52 | 0,63 | 0,51 | 0,72 | 0,50 | 0,54 | 0,39 |
| Al ₂ O ₃ | 34,94 | 35,04 | 34,57 | 35,09 | 34,71 | 34,70 | 34,73 | 34,79 | 35,24 | 35,00 | 34,73 | 35,00 | 34,87 | 34,58 | 35,29 | 34,90 | 35,73 |
| FeO _t | 1,63 | 1,66 | 1,67 | 1,54 | 1,72 | 1,51 | 1,70 | 1,69 | 1,65 | 1,69 | 1,81 | 1,73 | 1,68 | 1,68 | 1,23 | 1,27 | 1,15 |
| MnO | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,04 | 0,02 | 0,01 | 0,00 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| MgO | 0,50 | 0,55 | 0,52 | 0,48 | 0,65 | 0,45 | 0,56 | 0,42 | 0,55 | 0,56 | 0,45 | 0,53 | 0,53 | 0,45 | 0,46 | 0,57 | 0,46 |
| CaO | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 |
| BaO | 0,00 | 0,07 | 0,01 | 0,18 | 0,00 | 0,06 | 0,10 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,03 | 0,18 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Na ₂ O | 0,62 | 0,43 | 0,84 | 0,37 | 0,40 | 0,34 | 0,50 | 0,00 | 0,47 | 0,19 | 0,37 | 0,87 | 0,34 | 0,56 | 0,64 | 0,67 | 0,18 |
| K ₂ O | 10,88 | 10,85 | 10,54 | 10,86 | 10,67 | 10,47 | 10,49 | 10,66 | 10,58 | 10,87 | 10,25 | 10,53 | 10,30 | 10,49 | 10,56 | 10,43 | 10,87 |
| H ₂ O | 4,43 | 4,45 | 4,39 | 4,42 | 4,41 | 4,36 | 4,40 | 4,39 | 4,48 | 4,43 | 4,37 | 4,43 | 4,43 | 4,37 | 4,40 | 4,38 | 4,51 |
| Cl | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 |
| Total | 98,69 | 99,02 | 97,88 | 98,57 | 98,07 | 96,84 | 98,02 | 97,45 | 99,38 | 98,56 | 97,13 | 98,76 | 98,23 | 97,17 | 97,75 | 97,34 | 99,68 |
| Fórmula calculada na base de 22 oxigênios equivalentes | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Si | 6,11 | 6,13 | 6,11 | 6,12 | 6,13 | 6,10 | 6,11 | 6,14 | 6,13 | 6,13 | 6,12 | 6,08 | 6,15 | 6,09 | 6,08 | 6,10 | 6,17 |
| Al ^{IV} | 1,89 | 1,87 | 1,89 | 1,88 | 1,87 | 1,90 | 1,89 | 1,86 | 1,87 | 1,87 | 1,89 | 1,92 | 1,85 | 1,91 | 1,92 | 1,90 | 1,83 |
| ∑ IV | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 |
| Al ^{VI} | 3,69 | 3,69 | 3,67 | 3,72 | 3,70 | 3,73 | 3,68 | 3,74 | 3,70 | 3,71 | 3,73 | 3,67 | 3,72 | 3,69 | 3,75 | 3,72 | 3,78 |
| Ti | 0,06 | 0,05 | 0,06 | 0,05 | 0,04 | 0,06 | 0,07 | 0,06 | 0,06 | 0,05 | 0,05 | 0,06 | 0,05 | 0,07 | 0,05 | 0,06 | 0,04 |
| Fe | 0,18 | 0,19 | 0,19 | 0,17 | 0,20 | 0,17 | 0,19 | 0,19 | 0,19 | 0,19 | 0,21 | 0,20 | 0,19 | 0,19 | 0,14 | 0,15 | 0,13 |
| Mn | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Mg | 0,10 | 0,11 | 0,11 | 0,10 | 0,13 | 0,09 | 0,11 | 0,09 | 0,11 | 0,11 | 0,09 | 0,11 | 0,11 | 0,09 | 0,09 | 0,12 | 0,09 |
| ∑ VI | 4,03 | 4,05 | 4,02 | 4,04 | 4,07 | 4,06 | 4,05 | 4,08 | 4,06 | 4,07 | 4,08 | 4,04 | 4,07 | 4,05 | 4,03 | 4,04 | 4,04 |
| Ca | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Ba | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Na | 0,16 | 0,11 | 0,22 | 0,10 | 0,11 | 0,09 | 0,13 | 0,00 | 0,12 | 0,05 | 0,10 | 0,23 | 0,09 | 0,15 | 0,17 | 0,18 | 0,05 |
| K | 1,88 | 1,87 | 1,84 | 1,88 | 1,85 | 1,84 | 1,82 | 1,86 | 1,81 | 1,88 | 1,79 | 1,82 | 1,78 | 1,84 | 1,84 | 1,82 | 1,85 |
| ∑ A | 2,04 | 1,98 | 2,06 | 1,99 | 1,96 | 1,93 | 1,96 | 1,86 | 1,93 | 1,92 | 1,89 | 2,05 | 1,88 | 1,99 | 2,00 | 2,00 | 1,90 |
| OH | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Cl | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | -0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |

| Pegmatito | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|--------|--------|--------|--------|
| | 98S1 | 98S1 | 98S1 | 98S1 | 98S1 | 98S1 | 98S1 | 98S1 | 98S1 | 98S1 | 98S1 | 98S1 | 98S1 | JMCAV2 | JMCAV2 | JMCAV2 | JMCAV2 |
| | 89,51PT10 | 89,51PT11 | 89,51PT12 | 89,51PT13 | 89,51PT14 | 89,51PT15 | 90,70PT1 | 90,70PT2 | 90,70PT3 | 90,70PT4 | 90,70PT5 | 90,70PT6 | 90,70PT7 | PT3 | PT4 | PT7 | PT8 |
| SiO ₂ | 45,62 | 45,39 | 46,04 | 46,54 | 45,50 | 45,43 | 45,81 | 45,81 | 45,24 | 45,45 | 45,73 | 45,84 | 45,65 | 45,54 | 45,69 | 46,66 | 47,11 |
| TiO ₂ | 0,17 | 0,23 | 0,64 | 0,28 | 0,19 | 0,19 | 0,72 | 0,82 | 0,73 | 0,65 | 0,61 | 0,69 | 0,68 | 0,59 | 0,64 | 0,51 | 0,57 |
| Al ₂ O ₃ | 35,66 | 35,97 | 35,67 | 35,84 | 35,51 | 35,84 | 35,96 | 35,86 | 35,67 | 35,66 | 35,63 | 35,99 | 35,59 | 35,27 | 34,93 | 35,59 | 35,18 |
| FeO _t | 1,24 | 1,29 | 1,26 | 1,25 | 1,26 | 1,32 | 1,22 | 1,12 | 1,20 | 1,29 | 1,23 | 1,05 | 1,30 | 1,66 | 1,55 | 1,53 | 1,57 |
| MnO | 0,00 | 0,00 | 0,03 | 0,03 | 0,01 | 0,00 | 0,01 | 0,04 | 0,02 | 0,03 | 0,04 | 0,03 | 0,00 | 0,02 | 0,07 | 0,04 | 0,00 |
| MgO | 0,44 | 0,46 | 0,60 | 0,47 | 0,52 | 0,46 | 0,55 | 0,53 | 0,59 | 0,57 | 0,66 | 0,56 | 0,54 | 0,76 | 0,79 | 0,63 | 0,82 |
| CaO | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| BaO | 0,11 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,08 | 0,01 | 0,07 | 0,16 | 0,00 | 0,00 | 0,26 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,10 | 0,13 | 0,00 |
| Na ₂ O | 0,58 | 0,25 | 0,74 | 0,58 | 0,52 | 0,59 | 0,54 | 0,28 | 0,91 | 0,50 | 0,73 | 0,32 | 0,50 | 0,59 | 0,65 | 0,73 | 0,48 |
| K ₂ O | 10,48 | 10,27 | 9,90 | 10,42 | 10,20 | 10,32 | 10,18 | 10,34 | 10,42 | 10,59 | 9,97 | 10,57 | 10,64 | 10,68 | 10,84 | 10,77 | 10,68 |
| H ₂ O | 4,46 | 4,45 | 4,50 | 4,52 | 4,44 | 4,46 | 4,50 | 4,49 | 4,47 | 4,47 | 4,48 | 4,50 | 4,48 | 4,48 | 4,47 | 4,55 | 4,55 |
| Cl | 0,01 | 0,00 | 0,01 | 0,02 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,02 | 0,01 | 0,03 | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,02 | 0,00 | 0,00 |
| Total | 98,75 | 98,31 | 99,39 | 99,94 | 98,25 | 98,62 | 99,58 | 99,44 | 99,27 | 99,22 | 99,38 | 99,54 | 99,40 | 99,57 | 99,75 | 101,14 | 100,95 |
| Fórmula calculada na base de 22 oxigênios equivalentes | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Si | 6,14 | 6,12 | 6,14 | 6,17 | 6,14 | 6,12 | 6,10 | 6,11 | 6,07 | 6,09 | 6,11 | 6,11 | 6,11 | 6,10 | 6,12 | 6,15 | 6,20 |
| Al ^{IV} | 1,86 | 1,88 | 1,87 | 1,83 | 1,86 | 1,89 | 1,90 | 1,89 | 1,93 | 1,91 | 1,89 | 1,89 | 1,89 | 1,90 | 1,88 | 1,85 | 1,80 |
| ∑ IV | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 |
| Al ^{VI} | 3,79 | 3,83 | 3,74 | 3,78 | 3,79 | 3,80 | 3,75 | 3,75 | 3,71 | 3,73 | 3,73 | 3,76 | 3,72 | 3,67 | 3,64 | 3,68 | 3,66 |
| Ti | 0,02 | 0,02 | 0,06 | 0,03 | 0,02 | 0,02 | 0,07 | 0,08 | 0,07 | 0,07 | 0,06 | 0,07 | 0,07 | 0,06 | 0,06 | 0,05 | 0,06 |
| Fe | 0,14 | 0,15 | 0,14 | 0,14 | 0,14 | 0,15 | 0,14 | 0,12 | 0,14 | 0,14 | 0,14 | 0,12 | 0,15 | 0,19 | 0,17 | 0,17 | 0,17 |
| Mn | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 |
| Mg | 0,09 | 0,09 | 0,12 | 0,09 | 0,10 | 0,09 | 0,11 | 0,11 | 0,12 | 0,12 | 0,13 | 0,11 | 0,11 | 0,15 | 0,16 | 0,12 | 0,16 |
| ∑ VI | 4,04 | 4,09 | 4,06 | 4,04 | 4,06 | 4,06 | 4,07 | 4,06 | 4,03 | 4,06 | 4,06 | 4,06 | 4,04 | 4,07 | 4,04 | 4,03 | 4,05 |
| Ca | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Ba | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,00 |
| Na | 0,15 | 0,07 | 0,19 | 0,15 | 0,14 | 0,15 | 0,14 | 0,07 | 0,24 | 0,13 | 0,19 | 0,08 | 0,13 | 0,15 | 0,17 | 0,19 | 0,12 |
| K | 1,80 | 1,77 | 1,68 | 1,76 | 1,76 | 1,77 | 1,73 | 1,76 | 1,78 | 1,81 | 1,70 | 1,80 | 1,82 | 1,83 | 1,85 | 1,81 | 1,79 |
| ∑ A | 1,96 | 1,83 | 1,87 | 1,91 | 1,90 | 1,93 | 1,87 | 1,84 | 2,02 | 1,94 | 1,90 | 1,88 | 1,95 | 1,98 | 2,03 | 2,00 | 1,92 |
| OH | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Cl | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | -0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |

| | Pegmatito | | | | | Formação Ticunzal | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|---------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | JMCAV2 PT9 | JMCAV2 PT10 | JMCAV2 PT11 | JMCAV2 PT12 | JMCAV2 PT13 | 70N2 7,30PT3 | 70N2 7,30PT4 | 70N2 7,30PT7 | 70N2 7,30PT8 | CV10 PT5 | CV10 PT6 | CV10 PT7 | CV10 PT8 | CV10 PT21 | CV10 PT22 | CV10 PT23 | CV10 PT24 | CV10 PT25 | CV10 PT26 | CV11 PT1 | CV11 PT2 | CV11 PT3 | CV11 PT4 |
| SiO ₂ | 47,04 | 45,88 | 46,14 | 46,67 | 46,37 | 46,16 | 46,57 | 46,07 | 44,99 | 45,78 | 46,11 | 46,09 | 46,16 | 46,85 | 47,15 | 46,94 | 45,97 | 46,64 | 46,92 | 46,03 | 46,87 | 46,21 | 46,53 |
| TiO ₂ | 0,52 | 0,74 | 0,80 | 0,55 | 0,57 | 0,12 | 0,13 | 0,01 | 0,05 | 0,12 | 0,04 | 0,08 | 0,11 | 0,05 | 0,03 | 0,04 | 0,41 | 0,23 | 0,32 | 0,37 | 0,31 | 0,71 | 0,07 |
| Al ₂ O ₃ | 35,71 | 35,03 | 35,16 | 35,20 | 35,15 | 36,68 | 36,43 | 37,21 | 37,04 | 35,11 | 35,76 | 36,05 | 35,51 | 36,09 | 36,63 | 37,02 | 36,19 | 35,42 | 36,32 | 34,40 | 35,35 | 34,83 | 34,89 |
| FeO _i | 1,45 | 1,53 | 1,51 | 1,55 | 1,63 | 1,00 | 1,10 | 0,66 | 0,68 | 1,08 | 0,95 | 0,97 | 1,12 | 1,14 | 0,95 | 0,75 | 1,11 | 1,36 | 0,98 | 1,08 | 0,95 | 0,91 | 1,15 |
| MnO | 0,00 | 0,05 | 0,00 | 0,01 | 0,02 | 0,03 | 0,01 | 0,00 | 0,02 | 0,03 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,03 | 0,00 | 0,03 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| MgO | 0,79 | 0,69 | 0,73 | 0,71 | 0,67 | 0,46 | 0,58 | 0,25 | 0,24 | 0,52 | 0,28 | 0,23 | 0,34 | 0,44 | 0,55 | 0,46 | 0,37 | 0,55 | 0,42 | 0,60 | 0,54 | 0,42 | 0,56 |
| CaO | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,02 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,03 | 0,02 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,02 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| BaO | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,85 | 0,89 | 1,07 | 0,91 | 0,18 | 0,00 | 0,29 | 0,05 | 0,21 | 0,04 | 0,00 | 0,09 | 0,05 | 0,08 | 0,43 | 0,32 | 0,57 | 0,38 |
| Na ₂ O | 0,48 | 0,51 | 0,60 | 0,73 | 0,61 | 0,60 | 0,63 | 0,39 | 0,27 | 0,35 | 0,35 | 0,56 | 0,44 | 0,35 | 0,66 | 0,72 | 0,26 | 0,39 | 0,62 | 0,83 | 0,37 | 0,49 | 0,66 |
| K ₂ O | 10,69 | 10,77 | 10,65 | 10,69 | 10,69 | 10,27 | 10,12 | 10,09 | 9,27 | 10,67 | 10,59 | 10,82 | 10,53 | 10,76 | 10,64 | 10,33 | 10,47 | 10,60 | 10,39 | 10,03 | 10,01 | 10,00 | 10,57 |
| H ₂ O | 4,57 | 4,48 | 4,51 | 4,53 | 4,51 | 4,53 | 4,55 | 4,52 | 4,44 | 4,43 | 4,47 | 4,49 | 4,47 | 4,54 | 4,58 | 4,58 | 4,50 | 4,51 | 4,56 | 4,43 | 4,50 | 4,45 | 4,47 |
| Cl | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| Total | 101,25 | 99,69 | 100,11 | 100,65 | 100,23 | 100,69 | 101,02 | 100,29 | 97,91 | 98,28 | 98,55 | 99,56 | 98,76 | 100,46 | 101,23 | 100,86 | 99,41 | 99,74 | 100,63 | 98,23 | 99,23 | 98,60 | 99,29 |
| Fórmula calculada na base de 22 oxigênios equivalentes | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Si | 6,17 | 6,14 | 6,14 | 6,17 | 6,16 | 6,10 | 6,14 | 6,10 | 6,07 | 6,19 | 6,19 | 6,16 | 6,20 | 6,19 | 6,17 | 6,15 | 6,13 | 6,21 | 6,17 | 6,23 | 6,24 | 6,22 | 6,24 |
| Al ^{IV} | 1,83 | 1,86 | 1,86 | 1,83 | 1,84 | 1,90 | 1,86 | 1,90 | 1,93 | 1,81 | 1,81 | 1,85 | 1,80 | 1,81 | 1,83 | 1,85 | 1,87 | 1,79 | 1,83 | 1,77 | 1,76 | 1,78 | 1,76 |
| ∑ IV | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 |
| Al ^{VI} | 3,70 | 3,66 | 3,65 | 3,66 | 3,67 | 3,82 | 3,80 | 3,91 | 3,97 | 3,78 | 3,85 | 3,83 | 3,81 | 3,81 | 3,82 | 3,86 | 3,82 | 3,76 | 3,80 | 3,71 | 3,79 | 3,74 | 3,75 |
| Ti | 0,05 | 0,08 | 0,08 | 0,06 | 0,06 | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,04 | 0,02 | 0,03 | 0,04 | 0,03 | 0,07 | 0,01 |
| Fe | 0,16 | 0,17 | 0,17 | 0,17 | 0,18 | 0,11 | 0,12 | 0,07 | 0,08 | 0,12 | 0,11 | 0,11 | 0,13 | 0,13 | 0,10 | 0,08 | 0,12 | 0,15 | 0,11 | 0,12 | 0,11 | 0,10 | 0,13 |
| Mn | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Mg | 0,15 | 0,14 | 0,15 | 0,14 | 0,13 | 0,09 | 0,12 | 0,05 | 0,05 | 0,11 | 0,06 | 0,05 | 0,07 | 0,09 | 0,11 | 0,09 | 0,07 | 0,11 | 0,08 | 0,12 | 0,11 | 0,08 | 0,11 |
| ∑ VI | 4,06 | 4,05 | 4,04 | 4,03 | 4,04 | 4,04 | 4,05 | 4,03 | 4,10 | 4,03 | 4,02 | 3,99 | 4,02 | 4,03 | 4,03 | 4,04 | 4,06 | 4,04 | 4,03 | 4,00 | 4,04 | 4,00 | 3,99 |
| Ca | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Ba | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,04 | 0,05 | 0,06 | 0,05 | 0,01 | 0,00 | 0,02 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,02 | 0,02 | 0,03 | 0,02 |
| Na | 0,12 | 0,13 | 0,16 | 0,19 | 0,16 | 0,15 | 0,16 | 0,10 | 0,07 | 0,09 | 0,09 | 0,15 | 0,12 | 0,09 | 0,17 | 0,18 | 0,07 | 0,10 | 0,16 | 0,22 | 0,10 | 0,13 | 0,17 |
| K | 1,79 | 1,84 | 1,81 | 1,80 | 1,81 | 1,73 | 1,70 | 1,70 | 1,60 | 1,84 | 1,82 | 1,84 | 1,80 | 1,81 | 1,78 | 1,73 | 1,78 | 1,80 | 1,74 | 1,73 | 1,70 | 1,72 | 1,81 |
| ∑ A | 1,91 | 1,97 | 1,96 | 1,99 | 1,97 | 1,93 | 1,91 | 1,86 | 1,71 | 1,94 | 1,91 | 2,00 | 1,93 | 1,92 | 1,94 | 1,91 | 1,86 | 1,90 | 1,91 | 1,97 | 1,81 | 1,87 | 2,00 |
| OH | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Cl | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |

| Formação Ticunzal | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | CV11 PT5 | CV11 PT17 | CV11 PT18 | CV11 PT19 | CV11 PT20 | CV11 PT21 | CV11 PT22 | CV11 PT23 | CV11 PT24 | CV11 PT25 | CV11 PT26 | CV11 PT27 | CV11 PT28 | CV11 PT29 | CV11 PT30 | CV11 PT31 | CV11 PT32 | CV11 PT33 |
| SiO ₂ | 46,57 | 44,94 | 45,38 | 45,11 | 46,53 | 46,03 | 45,38 | 45,95 | 45,42 | 46,59 | 46,86 | 46,92 | 45,95 | 46,47 | 46,58 | 46,36 | 46,32 | 46,44 |
| TiO ₂ | 0,11 | 0,03 | 0,06 | 0,00 | 0,07 | 0,00 | 0,08 | 0,02 | 0,02 | 0,65 | 0,63 | 0,82 | 0,99 | 0,65 | 0,23 | 0,14 | 0,24 | 0,19 |
| Al ₂ O ₃ | 36,11 | 34,54 | 34,66 | 34,48 | 35,65 | 35,18 | 35,02 | 34,77 | 35,00 | 36,05 | 35,98 | 35,59 | 35,42 | 35,30 | 36,88 | 36,41 | 36,32 | 36,73 |
| FeO _t | 0,95 | 0,88 | 0,84 | 0,91 | 0,98 | 1,04 | 0,96 | 0,75 | 0,90 | 0,89 | 0,86 | 1,00 | 0,85 | 1,42 | 0,81 | 0,81 | 0,98 | 0,94 |
| MnO | 0,00 | 0,07 | 0,03 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,03 | 0,00 | 0,04 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| MgO | 0,42 | 0,41 | 0,53 | 0,39 | 0,48 | 0,44 | 0,44 | 0,48 | 0,42 | 0,45 | 0,46 | 0,57 | 0,53 | 0,57 | 0,52 | 0,50 | 0,51 | 0,46 |
| CaO | 0,01 | 0,00 | 0,03 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,02 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 |
| BaO | 0,43 | 0,39 | 0,69 | 0,34 | 0,29 | 0,14 | 0,30 | 0,29 | 0,25 | 0,27 | 0,45 | 0,23 | 0,33 | 0,51 | 0,56 | 0,54 | 0,25 | 0,40 |
| Na ₂ O | 0,44 | 0,70 | 0,64 | 0,62 | 0,64 | 0,49 | 0,58 | 0,52 | 0,72 | 0,83 | 0,64 | 0,61 | 0,35 | 0,43 | 0,74 | 0,91 | 0,86 | 1,04 |
| K ₂ O | 10,08 | 10,17 | 10,21 | 10,29 | 10,20 | 10,50 | 10,23 | 10,14 | 10,26 | 10,26 | 10,33 | 10,31 | 10,09 | 10,32 | 10,10 | 10,38 | 10,35 | 10,44 |
| H ₂ O | 4,51 | 4,35 | 4,39 | 4,36 | 4,50 | 4,44 | 4,40 | 4,41 | 4,40 | 4,55 | 4,55 | 4,55 | 4,48 | 4,51 | 4,56 | 4,54 | 4,53 | 4,56 |
| Cl | 0,02 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,02 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,00 |
| Total | 99,65 | 96,49 | 97,48 | 96,49 | 99,34 | 98,28 | 97,38 | 97,34 | 97,40 | 100,55 | 100,77 | 100,59 | 99,04 | 100,18 | 101,03 | 100,59 | 100,38 | 101,21 |
| Fórmula calculada na base de 22 oxigênios equivalentes | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Si | 6,19 | 6,19 | 6,20 | 6,21 | 6,21 | 6,21 | 6,18 | 6,25 | 6,19 | 6,15 | 6,17 | 6,18 | 6,15 | 6,18 | 6,12 | 6,13 | 6,13 | 6,10 |
| Al ^{IV} | 1,81 | 1,81 | 1,80 | 1,79 | 1,80 | 1,79 | 1,82 | 1,75 | 1,81 | 1,85 | 1,83 | 1,82 | 1,85 | 1,83 | 1,88 | 1,87 | 1,87 | 1,90 |
| ∑ IV | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 |
| Al ^{VI} | 3,84 | 3,80 | 3,78 | 3,80 | 3,81 | 3,81 | 3,81 | 3,82 | 3,81 | 3,75 | 3,76 | 3,71 | 3,73 | 3,70 | 3,82 | 3,80 | 3,79 | 3,79 |
| Ti | 0,01 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,07 | 0,06 | 0,08 | 0,10 | 0,07 | 0,02 | 0,01 | 0,02 | 0,02 |
| Fe | 0,11 | 0,10 | 0,10 | 0,11 | 0,11 | 0,12 | 0,11 | 0,09 | 0,10 | 0,10 | 0,09 | 0,11 | 0,10 | 0,16 | 0,09 | 0,09 | 0,11 | 0,10 |
| Mn | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Mg | 0,08 | 0,09 | 0,11 | 0,08 | 0,10 | 0,09 | 0,09 | 0,10 | 0,09 | 0,09 | 0,09 | 0,11 | 0,11 | 0,11 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,09 |
| ∑ VI | 4,04 | 4,00 | 3,99 | 3,99 | 4,02 | 4,01 | 4,02 | 4,01 | 4,00 | 4,00 | 4,00 | 4,02 | 4,04 | 4,04 | 4,04 | 4,00 | 4,02 | 4,00 |
| Ca | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Ba | 0,02 | 0,02 | 0,04 | 0,02 | 0,02 | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,01 | 0,02 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,01 | 0,02 |
| Na | 0,11 | 0,19 | 0,17 | 0,17 | 0,17 | 0,13 | 0,15 | 0,14 | 0,19 | 0,21 | 0,16 | 0,16 | 0,09 | 0,11 | 0,19 | 0,23 | 0,22 | 0,27 |
| K | 1,71 | 1,79 | 1,78 | 1,81 | 1,74 | 1,81 | 1,78 | 1,76 | 1,78 | 1,73 | 1,74 | 1,73 | 1,72 | 1,75 | 1,69 | 1,75 | 1,75 | 1,75 |
| ∑ A | 1,85 | 2,00 | 1,99 | 1,99 | 1,92 | 1,94 | 1,95 | 1,91 | 1,99 | 1,95 | 1,92 | 1,90 | 1,83 | 1,89 | 1,91 | 2,01 | 1,98 | 2,04 |
| OH | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Cl | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |

Muscovita das porções estéreis

| Muscovita-quartzo milonito | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|-----------|
| | 70N1 | 70N1 | 70N1 | 70N1 | 70N1 | 70N1 | 70N2 | 70N2 | 70N2 | 70N2 | 70N2 | 70N2 | 70N2 | 70N2 | 70N2 | 70N2 | 70N2 | 70N2 |
| | 32,15PT1 | 32,15PT2 | 32,15PT3 | 32,15PT4 | 32,15PT5 | 32,15PT6 | 44,95PT9 | 44,95PT10 | 44,95PT11 | 70,30PT1 | 70,30PT2 | 82,60PT3 | 82,60PT4 | 82,60PT5 | 82,60PT6 | 82,60PT7 | 82,60PT10 | 82,60PT11 |
| SiO ₂ | 45,71 | 47,39 | 46,62 | 44,84 | 45,97 | 46,10 | 46,02 | 47,68 | 47,06 | 48,62 | 48,64 | 45,13 | 45,30 | 45,59 | 45,61 | 46,27 | 45,80 | 45,06 |
| TiO ₂ | 0,10 | 0,10 | 0,09 | 0,07 | 0,10 | 0,08 | 0,16 | 0,23 | 0,13 | 0,16 | 0,15 | 0,01 | 0,02 | 0,06 | 0,03 | 0,03 | 0,08 | 0,07 |
| Al ₂ O ₃ | 34,32 | 34,68 | 34,45 | 33,54 | 34,90 | 35,05 | 30,76 | 32,27 | 31,03 | 31,98 | 32,14 | 36,01 | 36,23 | 34,32 | 34,10 | 35,31 | 34,96 | 34,84 |
| FeO _t | 2,14 | 2,15 | 2,20 | 2,06 | 1,99 | 1,87 | 4,79 | 4,28 | 4,69 | 1,88 | 2,01 | 1,11 | 0,96 | 1,81 | 1,79 | 1,42 | 1,81 | 1,71 |
| MnO | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,06 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,03 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,01 | 0,05 | 0,02 | 0,01 | 0,00 |
| MgO | 0,76 | 0,72 | 0,74 | 0,57 | 0,66 | 0,62 | 1,17 | 1,17 | 1,17 | 1,74 | 1,53 | 0,14 | 0,10 | 0,52 | 0,62 | 0,53 | 0,57 | 0,47 |
| CaO | 0,00 | 0,02 | 0,01 | 0,02 | 0,00 | 0,01 | 0,42 | 0,05 | 0,00 | 0,00 | 0,02 | 0,00 | 0,02 | 0,05 | 0,04 | 0,01 | 0,00 | 0,00 |
| BaO | 0,00 | 0,01 | 0,06 | 0,00 | 0,03 | 0,13 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,17 | 0,06 | 0,07 | 0,34 | 0,09 | 0,03 | 0,14 | 0,20 | 0,00 |
| Na ₂ O | 0,22 | 0,63 | 0,03 | 0,13 | 0,19 | 0,38 | 0,19 | 0,03 | 0,19 | 0,00 | 0,22 | 0,27 | 0,45 | 0,00 | 0,06 | 0,09 | 0,27 | 0,36 |
| K ₂ O | 10,71 | 11,09 | 11,20 | 10,90 | 11,06 | 11,22 | 10,38 | 10,85 | 11,16 | 11,48 | 11,24 | 10,77 | 10,75 | 10,75 | 10,99 | 11,00 | 11,09 | 10,97 |
| H ₂ O | 4,42 | 4,55 | 4,48 | 4,32 | 4,46 | 4,48 | 4,35 | 4,50 | 4,42 | 4,51 | 4,52 | 4,42 | 4,44 | 4,39 | 4,39 | 4,47 | 4,45 | 4,40 |
| Cl | 0,00 | 0,01 | 0,02 | 0,03 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 |
| Total | 98,38 | 101,35 | 99,89 | 96,48 | 99,44 | 99,94 | 98,24 | 101,06 | 99,89 | 100,56 | 100,51 | 97,93 | 98,59 | 97,61 | 97,71 | 99,28 | 99,26 | 97,88 |
| Fórmula calculada na base de 22 oxigênios equivalentes | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Si | 6,20 | 6,25 | 6,24 | 6,22 | 6,18 | 6,17 | 6,34 | 6,36 | 6,39 | 6,46 | 6,46 | 6,12 | 6,11 | 6,22 | 6,23 | 6,20 | 6,17 | 6,15 |
| Al ^{IV} | 1,80 | 1,75 | 1,76 | 1,79 | 1,83 | 1,83 | 1,66 | 1,65 | 1,62 | 1,54 | 1,54 | 1,88 | 1,89 | 1,78 | 1,77 | 1,80 | 1,83 | 1,85 |
| ∑ IV | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 |
| Al ^{VI} | 3,69 | 3,64 | 3,67 | 3,69 | 3,70 | 3,70 | 3,34 | 3,42 | 3,35 | 3,47 | 3,49 | 3,88 | 3,87 | 3,74 | 3,71 | 3,78 | 3,72 | 3,75 |
| Ti | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 |
| Fe | 0,24 | 0,24 | 0,25 | 0,24 | 0,22 | 0,21 | 0,55 | 0,48 | 0,53 | 0,21 | 0,22 | 0,13 | 0,11 | 0,21 | 0,20 | 0,16 | 0,20 | 0,20 |
| Mn | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Mg | 0,15 | 0,14 | 0,15 | 0,12 | 0,13 | 0,12 | 0,24 | 0,23 | 0,24 | 0,35 | 0,30 | 0,03 | 0,02 | 0,11 | 0,13 | 0,11 | 0,11 | 0,10 |
| ∑ VI | 4,09 | 4,03 | 4,07 | 4,06 | 4,07 | 4,04 | 4,15 | 4,16 | 4,13 | 4,04 | 4,03 | 4,03 | 4,00 | 4,06 | 4,06 | 4,05 | 4,05 | 4,04 |
| Ca | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,06 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Ba | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,02 | 0,01 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,00 |
| Na | 0,06 | 0,16 | 0,01 | 0,03 | 0,05 | 0,10 | 0,05 | 0,01 | 0,05 | 0,00 | 0,06 | 0,07 | 0,12 | 0,00 | 0,02 | 0,02 | 0,07 | 0,10 |
| K | 1,85 | 1,87 | 1,91 | 1,93 | 1,90 | 1,92 | 1,82 | 1,85 | 1,93 | 1,95 | 1,90 | 1,86 | 1,85 | 1,87 | 1,91 | 1,88 | 1,91 | 1,91 |
| ∑ A | 1,91 | 2,03 | 1,92 | 1,96 | 1,95 | 2,02 | 1,94 | 1,86 | 1,98 | 1,96 | 1,96 | 1,94 | 1,99 | 1,88 | 1,94 | 1,91 | 1,99 | 2,00 |
| OH | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Cl | 0,00 | 0,00 | 0,00 | -0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |

| Muscovita-quartzo milonito | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|-----------|----------|----------|----------|
| | 70N2 | 70N2 | 70N2 | 70N2 | 98S1 | 98S1 | 98S1 | 98S1 | 98S1 | 98S1 | 98S1 | 98S1 | 98S1 | 98S1 | 98S1 | 84S1 | 84S1 | 84S1 |
| | 82,60PT12 | 82,60PT14 | 82,60PT15 | 82,60PT16 | 57,43PT3 | 57,43PT4 | 57,43PT5 | 57,43PT6 | 57,43PT7 | 57,43PT8 | 93,33PT7 | 93,33PT8 | 93,33PT9 | 93,33PT10 | 93,33PT11 | 59,50PT1 | 59,50PT2 | 59,50PT3 |
| SiO ₂ | 45,68 | 44,98 | 45,82 | 45,46 | 46,91 | 49,32 | 48,15 | 43,80 | 47,37 | 48,83 | 47,89 | 46,29 | 46,56 | 46,52 | 46,86 | 46,53 | 45,79 | 45,92 |
| TiO ₂ | 0,10 | 0,09 | 0,04 | 0,06 | 0,19 | 0,20 | 0,19 | 0,21 | 0,15 | 0,22 | 0,16 | 0,14 | 0,11 | 0,16 | 0,14 | 0,16 | 0,14 | 0,14 |
| Al ₂ O ₃ | 34,19 | 36,73 | 36,01 | 34,66 | 30,45 | 30,91 | 30,78 | 28,39 | 31,22 | 31,54 | 30,30 | 30,76 | 31,29 | 30,94 | 31,27 | 34,22 | 33,76 | 33,39 |
| FeO _t | 1,87 | 0,67 | 1,20 | 1,72 | 1,34 | 1,26 | 1,44 | 1,42 | 1,55 | 1,47 | 2,07 | 2,28 | 2,09 | 2,04 | 2,16 | 2,04 | 2,16 | 2,18 |
| MnO | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,03 | 0,05 | 0,03 | 0,00 | 0,07 | 0,02 | 0,03 | 0,06 | 0,04 | 0,00 | 0,03 | 0,02 | 0,01 |
| MgO | 0,51 | 0,09 | 0,15 | 0,51 | 1,98 | 2,52 | 2,12 | 1,92 | 1,88 | 2,13 | 2,09 | 1,94 | 1,78 | 1,86 | 1,86 | 0,81 | 0,77 | 0,85 |
| CaO | 0,00 | 0,02 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| BaO | 0,10 | 0,00 | 0,00 | 0,19 | 0,15 | 0,01 | 0,00 | 0,07 | 0,14 | 0,01 | 0,06 | 0,03 | 0,10 | 0,00 | 0,03 | 0,19 | 0,04 | 0,11 |
| Na ₂ O | 0,00 | 0,03 | 0,33 | 0,00 | 0,06 | 0,00 | 0,25 | 0,22 | 0,00 | 0,03 | 0,16 | 0,09 | 0,37 | 0,56 | 0,00 | 0,24 | 0,24 | 0,15 |
| K ₂ O | 11,07 | 10,71 | 11,11 | 10,98 | 10,87 | 11,44 | 11,23 | 9,49 | 10,64 | 11,16 | 11,29 | 11,04 | 10,72 | 11,18 | 11,16 | 11,27 | 11,30 | 11,24 |
| H ₂ O | 4,40 | 4,43 | 4,47 | 4,40 | 4,33 | 4,52 | 4,43 | 4,03 | 4,38 | 4,50 | 4,41 | 4,34 | 4,37 | 4,36 | 4,38 | 4,48 | 4,41 | 4,40 |
| Cl | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,01 | 0,05 | 0,03 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,01 | 0,00 |
| Total | 97,93 | 97,75 | 99,15 | 97,99 | 96,31 | 100,22 | 98,64 | 89,62 | 97,36 | 99,96 | 98,44 | 96,93 | 97,45 | 97,68 | 97,87 | 99,96 | 98,63 | 98,41 |
| Fórmula calculada na base de 22 oxigênios equivalentes | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Si | 6,23 | 6,08 | 6,15 | 6,19 | 6,49 | 6,55 | 6,51 | 6,49 | 6,47 | 6,50 | 6,51 | 6,40 | 6,39 | 6,39 | 6,41 | 6,23 | 6,22 | 6,25 |
| Al ^{IV} | 1,77 | 1,92 | 1,85 | 1,81 | 1,51 | 1,45 | 1,49 | 1,51 | 1,53 | 1,50 | 1,49 | 1,60 | 1,61 | 1,61 | 1,59 | 1,77 | 1,78 | 1,75 |
| ∑ IV | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 |
| Al ^{VI} | 3,72 | 3,94 | 3,84 | 3,75 | 3,45 | 3,38 | 3,41 | 3,45 | 3,50 | 3,44 | 3,37 | 3,41 | 3,45 | 3,40 | 3,45 | 3,64 | 3,63 | 3,61 |
| Ti | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,01 | 0,02 | 0,01 | 0,02 |
| Fe | 0,21 | 0,08 | 0,13 | 0,20 | 0,16 | 0,14 | 0,16 | 0,18 | 0,18 | 0,16 | 0,24 | 0,26 | 0,24 | 0,23 | 0,25 | 0,23 | 0,25 | 0,25 |
| Mn | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Mg | 0,11 | 0,02 | 0,03 | 0,10 | 0,41 | 0,50 | 0,43 | 0,42 | 0,38 | 0,42 | 0,42 | 0,40 | 0,36 | 0,38 | 0,38 | 0,16 | 0,16 | 0,17 |
| ∑ VI | 4,05 | 4,04 | 4,01 | 4,06 | 4,03 | 4,04 | 4,02 | 4,08 | 4,07 | 4,06 | 4,04 | 4,09 | 4,07 | 4,04 | 4,09 | 4,05 | 4,05 | 4,05 |
| Ca | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Ba | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,01 |
| Na | 0,00 | 0,01 | 0,09 | 0,00 | 0,02 | 0,00 | 0,07 | 0,06 | 0,00 | 0,01 | 0,04 | 0,03 | 0,10 | 0,15 | 0,00 | 0,06 | 0,06 | 0,04 |
| K | 1,93 | 1,85 | 1,90 | 1,91 | 1,92 | 1,94 | 1,94 | 1,79 | 1,85 | 1,89 | 1,96 | 1,95 | 1,88 | 1,96 | 1,95 | 1,93 | 1,96 | 1,95 |
| ∑ A | 1,93 | 1,86 | 1,99 | 1,92 | 1,95 | 1,94 | 2,00 | 1,86 | 1,86 | 1,90 | 2,00 | 1,97 | 1,98 | 2,11 | 1,95 | 2,00 | 2,03 | 2,00 |
| OH | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Cl | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | -0,01 | -0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |

| | Muscovita-quartzo milonito | | | | | Pegmatito | | | | | | | | | | Formação Ticunzal | | | |
|--|----------------------------|------------------|------------------|-----------------|-----------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|-------------------|-----------------|--------------|--------------|
| | 84S1 59,50PT4 | 84S1 59,50PT5 | 84S1 59,50PT6 | FB1 50,77PT5 | FB1 50,77PT6 | 98S1 89,51PT3 | 98S1 89,51PT4 | 98S1 89,51PT5 | 98S1 89,51PT6 | 98S1 89,51PT7 | 98S1 89,51PT8 | JMCAV2 PT1 | JMCAV2 PT2 | JMCAV2 PT5 | JMCAV2 PT6 | 70N2 7,30PT5 | 70N2 7,30PT6 | CV11 PT11 | CV11 PT12 |
| SiO ₂ | 46,44 | 46,48 | 45,83 | 46,03 | 47,18 | 46,09 | 46,93 | 46,86 | 46,92 | 46,73 | 47,51 | 48,14 | 49,13 | 47,10 | 48,80 | 46,62 | 46,01 | 47,60 | 48,20 |
| TiO ₂ | 0,12 | 0,17 | 0,17 | 0,09 | 0,03 | 0,68 | 0,43 | 0,27 | 0,24 | 0,25 | 0,31 | 0,43 | 0,23 | 0,13 | 0,32 | 0,30 | 0,00 | 0,53 | 0,54 |
| Al ₂ O ₃ | 33,61 | 33,82 | 33,16 | 32,71 | 32,76 | 29,74 | 29,71 | 30,50 | 30,86 | 30,35 | 30,13 | 32,86 | 33,67 | 32,58 | 31,67 | 30,30 | 37,35 | 28,27 | 27,94 |
| FeO _i | 1,99 | 2,13 | 2,19 | 3,35 | 3,20 | 2,16 | 2,21 | 2,13 | 2,16 | 2,19 | 2,18 | 1,51 | 1,49 | 1,52 | 1,49 | 4,86 | 1,06 | 3,97 | 3,80 |
| MnO | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,02 | 0,00 | 0,03 | 0,02 | 0,00 | 0,01 | 0,02 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,03 | 0,01 | 0,04 | 0,05 |
| MgO | 0,92 | 0,84 | 0,86 | 1,06 | 1,19 | 1,87 | 2,11 | 2,07 | 1,87 | 2,02 | 2,15 | 1,82 | 1,46 | 1,52 | 1,72 | 1,52 | 0,36 | 2,06 | 2,15 |
| CaO | 0,00 | 0,00 | 0,02 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,02 | 0,03 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,04 |
| BaO | 0,04 | 0,14 | 0,04 | 0,00 | 0,06 | 0,16 | 0,08 | 0,00 | 0,18 | 0,03 | 0,10 | 0,42 | 0,06 | 0,15 | 0,07 | 0,03 | 0,37 | 0,09 | 0,14 |
| Na ₂ O | 0,03 | 0,19 | 0,13 | 0,00 | 0,00 | 0,31 | 0,40 | 0,00 | 0,06 | 0,06 | 0,03 | 0,31 | 0,00 | 0,13 | 0,47 | 0,16 | 0,99 | 0,06 | 0,12 |
| K ₂ O | 11,42 | 11,20 | 10,83 | 10,62 | 11,31 | 11,06 | 10,99 | 11,12 | 10,91 | 11,21 | 11,08 | 10,81 | 10,92 | 10,62 | 10,28 | 10,13 | 10,31 | 11,02 | 10,99 |
| H ₂ O | 4,44 | 4,45 | 4,38 | 4,39 | 4,47 | 4,30 | 4,35 | 4,36 | 4,37 | 4,35 | 4,39 | 4,53 | 4,59 | 4,41 | 4,49 | 4,36 | 4,56 | 4,35 | 4,37 |
| Cl | 0,00 | 0,00 | 0,02 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,06 | 0,04 | 0,03 | 0,00 | 0,01 | 0,00 |
| Total | 99,00 | 99,41 | 97,62 | 98,28 | 100,20 | 96,42 | 97,23 | 97,32 | 97,60 | 97,20 | 97,91 | 100,87 | 101,57 | 98,23 | 99,34 | 98,33 | 101,03 | 98,01 | 98,31 |
| Fórmula calculada na base de 22 oxigênios equivalentes | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Si | 6,27 | 6,26 | 6,27 | 6,28 | 6,33 | 6,43 | 6,48 | 6,44 | 6,43 | 6,44 | 6,50 | 6,37 | 6,41 | 6,38 | 6,51 | 6,40 | 6,06 | 6,57 | 6,62 |
| Al ^{IV} | 1,73 | 1,74 | 1,73 | 1,72 | 1,67 | 1,58 | 1,53 | 1,56 | 1,57 | 1,56 | 1,51 | 1,64 | 1,59 | 1,62 | 1,49 | 1,60 | 1,95 | 1,44 | 1,38 |
| ∑ IV | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 |
| Al ^{VI} | 3,63 | 3,62 | 3,62 | 3,55 | 3,51 | 3,31 | 3,31 | 3,39 | 3,42 | 3,38 | 3,35 | 3,49 | 3,59 | 3,58 | 3,49 | 3,30 | 3,85 | 3,16 | 3,14 |
| Ti | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,01 | 0,00 | 0,07 | 0,04 | 0,03 | 0,02 | 0,03 | 0,03 | 0,04 | 0,02 | 0,01 | 0,03 | 0,03 | 0,00 | 0,05 | 0,06 |
| Fe | 0,22 | 0,24 | 0,25 | 0,38 | 0,36 | 0,25 | 0,26 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,17 | 0,16 | 0,17 | 0,17 | 0,56 | 0,12 | 0,46 | 0,44 |
| Mn | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 |
| Mg | 0,19 | 0,17 | 0,17 | 0,22 | 0,24 | 0,39 | 0,43 | 0,42 | 0,38 | 0,42 | 0,44 | 0,36 | 0,29 | 0,31 | 0,34 | 0,31 | 0,07 | 0,42 | 0,44 |
| ∑ VI | 4,05 | 4,05 | 4,06 | 4,16 | 4,11 | 4,02 | 4,04 | 4,08 | 4,08 | 4,07 | 4,07 | 4,06 | 4,06 | 4,07 | 4,03 | 4,21 | 4,04 | 4,10 | 4,08 |
| Ca | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 |
| Ba | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,01 | 0,02 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,02 | 0,01 | 0,01 |
| Na | 0,01 | 0,05 | 0,03 | 0,00 | 0,00 | 0,08 | 0,11 | 0,00 | 0,02 | 0,02 | 0,01 | 0,08 | 0,00 | 0,03 | 0,12 | 0,04 | 0,25 | 0,02 | 0,03 |
| K | 1,97 | 1,92 | 1,89 | 1,85 | 1,94 | 1,97 | 1,93 | 1,95 | 1,91 | 1,97 | 1,93 | 1,82 | 1,82 | 1,84 | 1,75 | 1,78 | 1,73 | 1,94 | 1,93 |
| ∑ A | 1,98 | 1,98 | 1,93 | 1,85 | 1,94 | 2,06 | 2,05 | 1,95 | 1,93 | 1,99 | 1,95 | 1,93 | 1,82 | 1,88 | 1,87 | 1,82 | 2,00 | 1,96 | 1,97 |
| OH | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Cl | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | -0,01 | -0,01 | -0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |

| | Formação Ticunzal | | | | | | | | | | | | Biotita-muscovita granito | | | | |
|---|-------------------|--------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|--------------|--------------|---------------------------|----------------|-------------|--------------|--------------|
| | CV11 PT13 | CV11 PT14 | CV11 PT15 | CV12 PT4 | CV12 PT5 | CV12 PT6 | CV12 PT7 | CV12 PT8 | CV12 PT9 | CV12 PT11 | CV12 PT12 | CV12 PT13 | CV1A PT30 | CV1B PT8BIS | CV1B PT9 | CV1B PT10 | CV1B PT11 |
| SiO ₂ | 46,49 | 47,39 | 50,06 | 47,58 | 48,61 | 47,56 | 48,25 | 48,14 | 47,66 | 48,19 | 47,64 | 47,02 | 47,96 | 49,31 | 49,35 | 48,97 | 48,89 |
| TiO ₂ | 0,49 | 0,62 | 0,16 | 0,55 | 0,64 | 0,52 | 0,51 | 0,58 | 0,74 | 0,45 | 0,58 | 0,53 | 0,69 | 0,30 | 0,48 | 0,53 | 0,39 |
| Al ₂ O ₃ | 27,03 | 27,35 | 24,98 | 28,74 | 27,65 | 28,13 | 28,18 | 28,54 | 27,66 | 27,68 | 27,77 | 27,85 | 28,31 | 28,03 | 28,28 | 28,01 | 27,76 |
| FeO _t | 5,90 | 4,76 | 5,69 | 3,70 | 4,26 | 4,03 | 3,89 | 4,02 | 4,70 | 4,24 | 3,59 | 3,58 | 3,14 | 3,08 | 3,26 | 3,13 | 3,41 |
| MnO | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,02 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,07 | 0,00 | 0,00 |
| MgO | 3,03 | 2,32 | 2,57 | 2,15 | 2,63 | 2,29 | 2,41 | 2,41 | 2,84 | 2,48 | 2,13 | 2,18 | 2,30 | 2,37 | 2,37 | 2,43 | 2,61 |
| CaO | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,02 | 0,00 | 0,00 | 0,02 | 0,00 | 0,05 | 0,00 | 0,05 | 0,03 | 0,03 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 |
| BaO | 0,08 | 0,09 | 0,18 | 0,04 | 0,11 | 0,00 | 0,00 | 0,17 | 0,00 | 0,03 | 0,16 | 0,11 | 0,20 | 0,00 | 0,15 | 0,07 | 0,04 |
| Na ₂ O | 0,07 | 0,12 | 0,00 | 0,22 | 0,32 | 0,11 | 0,14 | 0,10 | 0,31 | 0,00 | 0,41 | 0,22 | 0,08 | 0,00 | 0,11 | 0,15 | 0,23 |
| K ₂ O | 10,38 | 11,07 | 11,19 | 10,88 | 10,86 | 11,00 | 10,87 | 10,88 | 10,75 | 11,02 | 10,85 | 10,86 | 10,84 | 11,03 | 10,95 | 11,05 | 11,11 |
| H ₂ O | 4,30 | 4,32 | 4,37 | 4,37 | 4,41 | 4,35 | 4,39 | 4,40 | 4,38 | 4,37 | 4,33 | 4,29 | 4,36 | 4,41 | 4,44 | 4,41 | 4,40 |
| Cl | 0,01 | 0,02 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,01 | 0,02 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,00 |
| Total | 97,78 | 98,08 | 99,20 | 98,24 | 99,49 | 98,01 | 98,65 | 99,24 | 99,11 | 98,46 | 97,53 | 96,67 | 97,95 | 98,53 | 99,46 | 98,75 | 98,84 |
| Fórmula calculada na base de 22 oxigênios equivalente | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Si | 6,49 | 6,57 | 6,87 | 6,53 | 6,61 | 6,56 | 6,59 | 6,55 | 6,53 | 6,62 | 6,60 | 6,57 | 6,59 | 6,71 | 6,67 | 6,66 | 6,66 |
| Al ^{IV} | 1,51 | 1,43 | 1,13 | 1,47 | 1,39 | 1,44 | 1,41 | 1,45 | 1,48 | 1,39 | 1,40 | 1,43 | 1,41 | 1,29 | 1,33 | 1,34 | 1,34 |
| ∑ IV | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 |
| Al ^{VI} | 2,93 | 3,04 | 2,91 | 3,18 | 3,04 | 3,13 | 3,13 | 3,13 | 2,99 | 3,09 | 3,13 | 3,15 | 3,17 | 3,20 | 3,17 | 3,15 | 3,12 |
| Ti | 0,05 | 0,06 | 0,02 | 0,06 | 0,07 | 0,05 | 0,05 | 0,06 | 0,08 | 0,05 | 0,06 | 0,06 | 0,07 | 0,03 | 0,05 | 0,05 | 0,04 |
| Fe | 0,69 | 0,55 | 0,65 | 0,43 | 0,48 | 0,47 | 0,44 | 0,46 | 0,54 | 0,49 | 0,42 | 0,42 | 0,36 | 0,35 | 0,37 | 0,36 | 0,39 |
| Mn | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 |
| Mg | 0,63 | 0,48 | 0,53 | 0,44 | 0,53 | 0,47 | 0,49 | 0,49 | 0,58 | 0,51 | 0,44 | 0,45 | 0,47 | 0,48 | 0,48 | 0,49 | 0,53 |
| ∑ VI | 4,30 | 4,13 | 4,11 | 4,10 | 4,12 | 4,12 | 4,12 | 4,14 | 4,18 | 4,13 | 4,05 | 4,08 | 4,08 | 4,06 | 4,07 | 4,06 | 4,07 |
| Ca | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Ba | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 |
| Na | 0,02 | 0,03 | 0,00 | 0,06 | 0,09 | 0,03 | 0,04 | 0,03 | 0,08 | 0,00 | 0,11 | 0,06 | 0,02 | 0,00 | 0,03 | 0,04 | 0,06 |
| K | 1,85 | 1,96 | 1,96 | 1,91 | 1,88 | 1,94 | 1,89 | 1,89 | 1,88 | 1,93 | 1,92 | 1,94 | 1,90 | 1,91 | 1,89 | 1,92 | 1,93 |
| ∑ A | 1,87 | 2,00 | 1,97 | 1,97 | 1,97 | 1,96 | 1,93 | 1,92 | 1,97 | 1,93 | 2,04 | 2,00 | 1,94 | 1,91 | 1,92 | 1,96 | 1,99 |
| OH | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Cl | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |

Muscovita das porções mineralizadas

| Muscovita-quartzo milonito | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | 70N1 | 70N1 | 70N1 | 70N1 | 70N1 | 70N1 | 70N1 | 70N1 | 70N1 | 70N1 | 70N1 | 98S1 | 98S1 | 98S1 | 98S1 | 98S1 | FB1 | FB1 |
| | 32,15PT1 | 32,15PT2 | 32,15PT3 | 32,22PT1 | 32,22PT2 | 32,22PT3 | 32,22PT4 | 32,22PT5 | 32,22PT6 | 32,22PT7 | 32,31PT5 | 85,10PT3 | 85,10PT4 | 85,10PT5 | 85,10PT7 | 85,10PT9 | 50,77PT1 | 50,77PT2 |
| SiO ₂ | 47,99 | 46,95 | 47,16 | 47,48 | 46,50 | 46,53 | 45,43 | 45,43 | 44,79 | 45,43 | 44,07 | 46,40 | 47,10 | 47,47 | 47,08 | 47,33 | 46,15 | 46,24 |
| TiO ₂ | 0,13 | 0,10 | 0,10 | 0,13 | 0,08 | 0,07 | 0,03 | 0,06 | 0,05 | 0,53 | 0,07 | 0,11 | 0,10 | 0,10 | 0,17 | 0,20 | 0,04 | 0,08 |
| Al ₂ O ₃ | 34,13 | 34,35 | 33,81 | 32,80 | 33,19 | 33,67 | 34,01 | 34,80 | 33,68 | 35,05 | 32,22 | 33,39 | 33,32 | 33,69 | 33,57 | 33,37 | 32,53 | 33,49 |
| FeO _t | 2,21 | 2,34 | 2,36 | 2,82 | 2,55 | 2,42 | 1,89 | 2,37 | 2,56 | 2,53 | 2,28 | 1,61 | 1,60 | 1,70 | 1,63 | 1,66 | 3,77 | 2,68 |
| MnO | 0,03 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,05 | 0,04 | 0,03 | 0,02 | 0,00 | 0,02 | 0,01 | 0,02 | 0,01 | 0,00 | 0,01 | 0,03 | 0,00 | 0,03 |
| MgO | 0,77 | 0,76 | 1,00 | 0,98 | 0,96 | 0,90 | 0,72 | 0,57 | 0,73 | 0,81 | 0,78 | 1,20 | 1,35 | 1,38 | 1,13 | 1,25 | 0,95 | 0,97 |
| CaO | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,02 | 0,03 | 0,03 | 0,04 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,02 | 0,00 | 0,00 | 0,02 |
| BaO | 0,00 | 0,01 | 0,12 | 0,10 | 0,00 | 0,10 | 0,04 | 0,28 | 0,16 | 0,00 | 0,05 | 0,07 | 0,00 | 0,12 | 0,19 | 0,08 | 0,04 | 0,00 |
| Na ₂ O | 0,03 | 0,18 | 0,00 | 0,34 | 0,22 | 0,16 | 0,03 | 0,28 | 0,22 | 0,32 | 0,06 | 0,00 | 0,06 | 0,26 | 0,15 | 0,21 | 0,00 | 0,22 |
| K ₂ O | 9,57 | 11,15 | 11,33 | 11,15 | 11,12 | 11,07 | 10,95 | 10,78 | 10,69 | 10,30 | 9,95 | 11,26 | 11,38 | 11,40 | 11,15 | 11,40 | 11,11 | 11,02 |
| H ₂ O | 4,52 | 4,50 | 4,50 | 4,48 | 4,43 | 4,45 | 4,38 | 4,43 | 4,34 | 4,46 | 4,21 | 4,42 | 4,47 | 4,52 | 4,47 | 4,49 | 4,40 | 4,43 |
| Cl | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,02 | 0,00 | 0,02 | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,02 |
| Total | 99,38 | 100,33 | 100,38 | 100,28 | 99,10 | 99,41 | 97,54 | 99,06 | 97,27 | 99,49 | 93,77 | 98,48 | 99,39 | 100,63 | 99,58 | 100,01 | 98,99 | 99,19 |
| Fórmula calculada na base de 22 oxigênios equivalentes | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Si | 6,37 | 6,26 | 6,29 | 6,35 | 6,29 | 6,27 | 6,22 | 6,15 | 6,18 | 6,10 | 6,27 | 6,29 | 6,32 | 6,30 | 6,31 | 6,32 | 6,29 | 6,25 |
| Al ^{IV} | 1,63 | 1,75 | 1,71 | 1,65 | 1,71 | 1,73 | 1,78 | 1,85 | 1,82 | 1,90 | 1,73 | 1,71 | 1,68 | 1,70 | 1,69 | 1,68 | 1,72 | 1,75 |
| ∑ IV | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 |
| Al ^{VI} | 3,71 | 3,65 | 3,60 | 3,53 | 3,58 | 3,61 | 3,70 | 3,70 | 3,65 | 3,65 | 3,67 | 3,62 | 3,59 | 3,57 | 3,61 | 3,57 | 3,51 | 3,59 |
| Ti | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,05 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,00 | 0,01 |
| Fe | 0,25 | 0,26 | 0,26 | 0,32 | 0,29 | 0,27 | 0,22 | 0,27 | 0,30 | 0,28 | 0,27 | 0,18 | 0,18 | 0,19 | 0,18 | 0,19 | 0,43 | 0,30 |
| Mn | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Mg | 0,15 | 0,15 | 0,20 | 0,20 | 0,19 | 0,18 | 0,15 | 0,12 | 0,15 | 0,16 | 0,17 | 0,24 | 0,27 | 0,27 | 0,23 | 0,25 | 0,19 | 0,20 |
| ∑ VI | 4,13 | 4,07 | 4,08 | 4,05 | 4,07 | 4,08 | 4,07 | 4,09 | 4,10 | 4,15 | 4,11 | 4,06 | 4,05 | 4,05 | 4,04 | 4,03 | 4,13 | 4,10 |
| Ca | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Ba | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,02 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Na | 0,01 | 0,05 | 0,00 | 0,09 | 0,06 | 0,04 | 0,01 | 0,08 | 0,06 | 0,08 | 0,02 | 0,00 | 0,02 | 0,07 | 0,04 | 0,05 | 0,00 | 0,06 |
| K | 1,62 | 1,89 | 1,93 | 1,90 | 1,92 | 1,90 | 1,91 | 1,86 | 1,88 | 1,76 | 1,81 | 1,95 | 1,95 | 1,93 | 1,91 | 1,94 | 1,93 | 1,90 |
| ∑ A | 1,63 | 1,94 | 1,93 | 2,00 | 1,98 | 1,95 | 1,92 | 1,95 | 1,95 | 1,85 | 1,83 | 1,95 | 1,96 | 2,00 | 1,96 | 2,00 | 1,93 | 1,96 |
| OH | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Cl | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | -0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |

| Muscovita-quartzo milonito | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|------------------|-------|-------|
| | FBI 50,77PT3 | FBI 50,77PT4 | W1-708 B1PT1 | W1-708 B1PT2 | W1-708 B1PT3 | W1-708 B1PT4 | W1-708 B1PT5 | W1-708 E1PT1 | W1-708 E1PT2 | W1-708 E1PT3 | W1-708 E1PT4 | W1-708 E1PT5 | W1-708 E1PT6 | W1-708 E1PT7 | W1-708 E1PT8 | W1-708 E1PT9 | W1-708 E1PT10 | W1-708 E1PT11 | E_PT1 | E_PT2 |
| SiO ₂ | 46,75 | 46,64 | 47,90 | 46,06 | 46,48 | 47,21 | 46,52 | 45,35 | 46,74 | 46,58 | 46,99 | 45,73 | 47,21 | 47,30 | 46,96 | 46,48 | 47,56 | 46,87 | 46,34 | 46,61 |
| TiO ₂ | 0,04 | 0,10 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,01 | 0,02 | 0,03 | 0,04 | 0,04 | 0,06 | 0,07 | 0,05 | 0,05 | 0,04 | 0,06 | 0,07 | 0,01 | 0,04 | 0,03 |
| Al ₂ O ₃ | 33,24 | 32,50 | 34,73 | 36,39 | 34,76 | 34,59 | 35,13 | 34,18 | 34,16 | 34,69 | 35,07 | 34,19 | 34,33 | 33,61 | 33,89 | 34,33 | 34,59 | 34,26 | 32,77 | 33,78 |
| FeO _t | 2,96 | 3,40 | 1,41 | 1,23 | 1,23 | 1,33 | 1,22 | 1,40 | 1,38 | 1,26 | 1,25 | 1,26 | 1,38 | 1,22 | 1,14 | 1,26 | 1,16 | 1,29 | 1,24 | 1,19 |
| MnO | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,04 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,02 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 |
| MgO | 0,98 | 1,19 | 1,11 | 0,66 | 1,20 | 1,18 | 0,90 | 1,11 | 1,08 | 1,13 | 1,00 | 1,13 | 1,23 | 1,23 | 1,07 | 0,94 | 1,03 | 1,06 | 1,40 | 1,22 |
| CaO | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 |
| BaO | 0,01 | 0,04 | 0,00 | 0,13 | 0,03 | 0,04 | 0,00 | 0,12 | 0,05 | 0,13 | 0,11 | 0,01 | 0,16 | 0,04 | 0,03 | 0,04 | 0,08 | 0,12 | 0,00 | 0,00 |
| Na ₂ O | 0,00 | 0,19 | 0,39 | 0,17 | 0,10 | 0,13 | 0,06 | 0,22 | 0,16 | 0,18 | 0,31 | 0,09 | 0,31 | 0,25 | 0,38 | 0,10 | 0,32 | 0,13 | 0,21 | 0,19 |
| K ₂ O | 11,19 | 11,06 | 11,24 | 11,03 | 11,18 | 11,20 | 11,17 | 11,00 | 11,12 | 10,99 | 11,10 | 11,10 | 11,05 | 11,04 | 10,91 | 11,21 | 11,23 | 11,02 | 11,01 | 11,14 |
| H ₂ O | 4,45 | 4,43 | 4,57 | 4,52 | 4,48 | 4,52 | 4,49 | 4,39 | 4,46 | 4,48 | 4,53 | 4,41 | 4,51 | 4,48 | 4,46 | 4,45 | 4,53 | 4,47 | 4,39 | 4,44 |
| Cl | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,01 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Total | 99,63 | 99,54 | 101,39 | 100,27 | 99,54 | 100,21 | 99,51 | 97,81 | 99,22 | 99,52 | 100,42 | 98,01 | 100,23 | 99,22 | 98,87 | 98,87 | 100,56 | 99,23 | 97,40 | 98,60 |
| Fórmula calculada na base de 22 oxigênios equivalentes | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Si | 6,30 | 6,31 | 6,29 | 6,11 | 6,22 | 6,27 | 6,21 | 6,19 | 6,27 | 6,23 | 6,23 | 6,21 | 6,27 | 6,34 | 6,31 | 6,26 | 6,29 | 6,28 | 6,33 | 6,29 |
| Al ^{IV} | 1,71 | 1,70 | 1,71 | 1,89 | 1,79 | 1,73 | 1,79 | 1,81 | 1,73 | 1,77 | 1,77 | 1,79 | 1,73 | 1,66 | 1,69 | 1,74 | 1,71 | 1,72 | 1,67 | 1,71 |
| ∑ IV | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 |
| Al ^{VI} | 3,57 | 3,48 | 3,66 | 3,80 | 3,69 | 3,68 | 3,74 | 3,68 | 3,67 | 3,69 | 3,70 | 3,69 | 3,65 | 3,64 | 3,67 | 3,70 | 3,68 | 3,69 | 3,61 | 3,66 |
| Ti | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Fe | 0,33 | 0,38 | 0,15 | 0,14 | 0,14 | 0,15 | 0,14 | 0,16 | 0,15 | 0,14 | 0,14 | 0,14 | 0,15 | 0,14 | 0,13 | 0,14 | 0,13 | 0,14 | 0,14 | 0,13 |
| Mn | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Mg | 0,20 | 0,24 | 0,22 | 0,13 | 0,24 | 0,23 | 0,18 | 0,23 | 0,22 | 0,23 | 0,20 | 0,23 | 0,24 | 0,25 | 0,21 | 0,19 | 0,20 | 0,21 | 0,29 | 0,25 |
| ∑ VI | 4,10 | 4,12 | 4,03 | 4,08 | 4,08 | 4,06 | 4,06 | 4,07 | 4,05 | 4,07 | 4,05 | 4,07 | 4,05 | 4,03 | 4,02 | 4,04 | 4,02 | 4,05 | 4,04 | 4,04 |
| Ca | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Ba | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 |
| Na | 0,00 | 0,05 | 0,10 | 0,04 | 0,03 | 0,03 | 0,02 | 0,06 | 0,04 | 0,05 | 0,08 | 0,02 | 0,08 | 0,06 | 0,10 | 0,03 | 0,08 | 0,03 | 0,06 | 0,05 |
| K | 1,92 | 1,91 | 1,88 | 1,87 | 1,91 | 1,90 | 1,90 | 1,91 | 1,90 | 1,87 | 1,88 | 1,92 | 1,87 | 1,89 | 1,87 | 1,93 | 1,89 | 1,88 | 1,92 | 1,92 |
| ∑ A | 1,92 | 1,96 | 1,98 | 1,92 | 1,94 | 1,93 | 1,92 | 1,98 | 1,95 | 1,93 | 1,96 | 1,95 | 1,96 | 1,95 | 1,97 | 1,95 | 1,98 | 1,92 | 1,97 | 1,97 |
| OH | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Cl | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | -0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | -0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |

| Muscovita-quartzo milonito | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|--------------|--------------|
| | E_PT3 | E_PT4 | E_PT5 | E_PT6 | E_PT7 | E_PT8 | CAVO PT1 | CAVO PT2 | CAVO PT3 | CAVO PT4 | CAVO PT6 | CAVO PT7 | CAVO PT8 | CAVO PT9 | CAVO PT10 | CAVO PT11 | CAVO PT12 |
| SiO ₂ | 46,88 | 46,41 | 47,17 | 47,85 | 46,05 | 46,77 | 46,28 | 46,98 | 46,71 | 46,19 | 45,20 | 46,88 | 45,39 | 45,66 | 45,85 | 45,45 | 45,87 |
| TiO ₂ | 0,00 | 0,01 | 0,03 | 0,02 | 0,05 | 0,03 | 0,04 | 0,03 | 0,27 | 0,30 | 0,20 | 0,27 | 0,35 | 0,33 | 0,43 | 0,17 | 0,21 |
| Al ₂ O ₃ | 33,38 | 34,18 | 35,43 | 33,66 | 33,71 | 34,48 | 35,82 | 35,17 | 33,82 | 35,20 | 32,23 | 32,62 | 33,94 | 35,48 | 35,31 | 36,10 | 33,98 |
| FeO _t | 1,47 | 1,36 | 1,25 | 1,26 | 1,27 | 1,25 | 1,26 | 1,36 | 1,59 | 1,22 | 1,08 | 1,45 | 1,30 | 1,31 | 1,34 | 1,22 | 1,29 |
| MnO | 0,02 | 0,03 | 0,03 | 0,01 | 0,03 | 0,04 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,03 | 0,04 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| MgO | 1,40 | 0,93 | 0,98 | 0,91 | 1,06 | 1,06 | 0,68 | 0,81 | 0,87 | 0,66 | 1,04 | 1,30 | 0,77 | 0,64 | 0,79 | 0,63 | 1,08 |
| CaO | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,02 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,00 |
| BaO | 0,08 | 0,00 | 0,03 | 0,00 | 0,12 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,05 | 0,00 | 0,00 | 0,11 | 0,00 |
| Na ₂ O | 0,27 | 0,00 | 0,24 | 0,18 | 0,26 | 0,21 | 0,35 | 0,32 | 0,05 | 0,39 | 0,34 | 0,14 | 0,14 | 0,23 | 0,37 | 0,44 | 0,12 |
| K ₂ O | 11,07 | 11,18 | 10,97 | 10,96 | 11,11 | 10,80 | 10,60 | 10,58 | 10,94 | 10,46 | 9,33 | 10,56 | 10,54 | 10,79 | 10,67 | 10,47 | 10,71 |
| H ₂ O | 4,45 | 4,44 | 4,54 | 4,49 | 4,41 | 4,48 | 4,50 | 4,51 | 4,44 | 4,47 | 4,26 | 4,41 | 4,37 | 4,46 | 4,48 | 4,47 | 4,41 |
| Cl | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,03 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Total | 99,03 | 98,54 | 100,69 | 99,35 | 98,08 | 99,11 | 99,53 | 99,75 | 98,71 | 98,92 | 93,74 | 97,64 | 96,87 | 98,91 | 99,26 | 99,07 | 97,66 |
| Fórmula calculada na base de 22 oxigênios equivalentes | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Si | 6,31 | 6,27 | 6,22 | 6,39 | 6,26 | 6,26 | 6,17 | 6,24 | 6,30 | 6,19 | 6,36 | 6,37 | 6,23 | 6,14 | 6,14 | 6,09 | 6,24 |
| Al ^{IV} | 1,69 | 1,73 | 1,78 | 1,61 | 1,74 | 1,74 | 1,83 | 1,76 | 1,71 | 1,81 | 1,64 | 1,63 | 1,78 | 1,86 | 1,86 | 1,91 | 1,76 |
| ∑ IV | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 |
| Al ^{VI} | 3,61 | 3,71 | 3,73 | 3,68 | 3,66 | 3,71 | 3,79 | 3,75 | 3,67 | 3,75 | 3,70 | 3,60 | 3,71 | 3,76 | 3,72 | 3,80 | 3,69 |
| Ti | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,03 | 0,03 | 0,02 | 0,03 | 0,04 | 0,03 | 0,04 | 0,02 | 0,02 |
| Fe | 0,17 | 0,15 | 0,14 | 0,14 | 0,15 | 0,14 | 0,14 | 0,15 | 0,18 | 0,14 | 0,13 | 0,17 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,14 | 0,15 |
| Mn | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Mg | 0,28 | 0,19 | 0,19 | 0,18 | 0,22 | 0,21 | 0,13 | 0,16 | 0,18 | 0,13 | 0,22 | 0,26 | 0,16 | 0,13 | 0,16 | 0,13 | 0,22 |
| ∑ VI | 4,05 | 4,05 | 4,07 | 4,01 | 4,03 | 4,06 | 4,07 | 4,06 | 4,05 | 4,06 | 4,07 | 4,05 | 4,05 | 4,07 | 4,07 | 4,08 | 4,07 |
| Ca | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Ba | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 |
| Na | 0,07 | 0,00 | 0,06 | 0,05 | 0,07 | 0,05 | 0,09 | 0,08 | 0,01 | 0,10 | 0,09 | 0,04 | 0,04 | 0,06 | 0,10 | 0,11 | 0,03 |
| K | 1,90 | 1,93 | 1,85 | 1,87 | 1,93 | 1,85 | 1,80 | 1,79 | 1,88 | 1,79 | 1,67 | 1,83 | 1,84 | 1,85 | 1,82 | 1,79 | 1,86 |
| ∑ A | 1,98 | 1,93 | 1,91 | 1,91 | 2,00 | 1,90 | 1,89 | 1,88 | 1,89 | 1,89 | 1,77 | 1,87 | 1,89 | 1,91 | 1,92 | 1,91 | 1,89 |
| OH | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Cl | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | -0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |

BIOTITA

| Formação Ticunzal | | | | | | | | | | |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | CV11 | CV11 | CV11 | CV11 | CV12 | CV12 | CV12 | CV12 | CV12 | CV12 |
| | PT7 | PT8 | PT9 | PT10 | PT1 | PT2 | PT3 | PT18 | PT19 | PT20 |
| SiO ₂ | 35,71 | 35,34 | 35,74 | 35,99 | 36,44 | 36,34 | 36,04 | 36,38 | 36,70 | 36,16 |
| TiO ₂ | 2,03 | 2,03 | 1,98 | 1,92 | 1,88 | 2,01 | 2,01 | 1,99 | 1,83 | 1,80 |
| Al ₂ O ₃ | 15,67 | 15,54 | 15,50 | 15,92 | 15,19 | 15,31 | 15,49 | 15,99 | 15,99 | 15,50 |
| FeO _i | 22,47 | 22,97 | 23,20 | 22,54 | 22,00 | 21,72 | 22,07 | 21,63 | 21,22 | 21,73 |
| MnO | 0,08 | 0,09 | 0,08 | 0,07 | 0,10 | 0,00 | 0,09 | 0,02 | 0,07 | 0,06 |
| MgO | 7,98 | 7,87 | 7,96 | 8,06 | 8,37 | 8,60 | 8,28 | 8,65 | 8,86 | 8,56 |
| CaO | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,05 | 0,01 | 0,00 | 0,01 | 0,03 | 0,00 |
| BaO | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,09 |
| Na ₂ O | 0,00 | 0,22 | 0,00 | 0,05 | 0,16 | 0,11 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| K ₂ O | 9,54 | 9,50 | 9,80 | 9,52 | 9,40 | 9,63 | 9,42 | 9,55 | 9,46 | 9,59 |
| H ₂ O | 3,77 | 3,75 | 3,77 | 3,80 | 3,79 | 3,80 | 3,78 | 3,82 | 3,84 | 3,79 |
| Cl | 0,06 | 0,08 | 0,10 | 0,05 | 0,08 | 0,05 | 0,06 | 0,08 | 0,06 | 0,06 |
| Total | 97,32 | 97,40 | 98,15 | 97,92 | 97,44 | 97,60 | 97,24 | 98,12 | 98,06 | 97,34 |
| Fórmula calculada na base de 22 oxigênios equivalentes | | | | | | | | | | |
| Si | 5,65 | 5,62 | 5,64 | 5,66 | 5,74 | 5,71 | 5,69 | 5,67 | 5,71 | 5,70 |
| Al ^{IV} | 2,35 | 2,38 | 2,36 | 2,35 | 2,26 | 2,29 | 2,31 | 2,33 | 2,29 | 2,30 |
| ∑ IV | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 |
| Al ^{VI} | 0,58 | 0,53 | 0,53 | 0,60 | 0,56 | 0,55 | 0,58 | 0,61 | 0,64 | 0,58 |
| Ti | 0,24 | 0,24 | 0,24 | 0,23 | 0,22 | 0,24 | 0,24 | 0,23 | 0,22 | 0,21 |
| Fe | 2,98 | 3,05 | 3,06 | 2,96 | 2,90 | 2,86 | 2,91 | 2,82 | 2,76 | 2,87 |
| Mn | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,01 | 0,01 |
| Mg | 1,88 | 1,86 | 1,87 | 1,89 | 1,97 | 2,02 | 1,95 | 2,01 | 2,05 | 2,01 |
| ∑ VI | 5,69 | 5,70 | 5,71 | 5,69 | 5,66 | 5,66 | 5,69 | 5,68 | 5,68 | 5,68 |
| Ca | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 |
| Ba | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 |
| Na | 0,00 | 0,07 | 0,00 | 0,01 | 0,05 | 0,03 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| K | 1,93 | 1,93 | 1,97 | 1,91 | 1,89 | 1,93 | 1,90 | 1,90 | 1,88 | 1,93 |
| ∑ A | 1,93 | 2,00 | 1,98 | 1,92 | 1,95 | 1,97 | 1,90 | 1,90 | 1,88 | 1,94 |
| OH | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Cl | -0,01 | -0,02 | -0,02 | -0,01 | -0,02 | -0,01 | -0,01 | -0,02 | -0,01 | -0,01 |

ANEXO 2
QUÍMICA MINERAL
OPACOS

| Guanajuata | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|
| | W1-708 B1PT3 | W1-708 B1PT6 | W1-708 B2PT1 | W1-708 B2PT5 | W1-708 B2PT6 | W1-708 B2PT7 | W1-708 B2PT9 | W1-708 B2PT10 | W1-708 B2PT10 | W1-708 B2PT15 | W1-708 B2PT16 | W1-708 B2PT18 | W1-708 B2PT23 | W1-708 B2PT26 | W1-708 B2PT29 | W1-708 B2PT35 | W1-708 B3PT1 | W1-708 B3PT2 | W1-708 B3PT3 | W1-708 E2PT2 | W1-708 HPT4 |
| Pt | 0,73 | 0,78 | 0,96 | 0,26 | 0,53 | 0,94 | 0,92 | 0,78 | 0,80 | 0,18 | 0,38 | 0,60 | 0,94 | 0,78 | 0,96 | 0,00 | 0,97 | 1,10 | 0,70 | 0,92 | 0,98 |
| Pd | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,04 | 0,04 | 0,00 | 0,04 | 0,03 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,03 | 0,01 | 0,07 | 0,10 | 0,05 | 0,00 | 0,26 | 0,00 |
| Pb | 9,01 | 8,18 | 7,70 | 6,86 | 4,88 | 7,22 | 5,92 | 14,90 | 15,34 | 13,02 | 6,49 | 6,19 | 7,22 | 14,90 | 13,59 | 11,63 | 5,11 | 6,79 | 5,67 | 6,94 | 10,38 |
| Zn | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,03 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,05 | 0,05 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,03 | 0,02 | 0,00 | 0,05 | 0,00 | 0,02 |
| Cu | 0,63 | 0,57 | 0,66 | 0,70 | 0,76 | 0,13 | 1,14 | 0,19 | 0,17 | 0,78 | 1,12 | 1,28 | 0,13 | 0,19 | 0,22 | 0,43 | 0,92 | 0,80 | 0,63 | 1,33 | 2,12 |
| Fe | 0,20 | 0,35 | 0,41 | 0,67 | 0,50 | 0,74 | 0,90 | 0,43 | 0,21 | 0,61 | 1,16 | 1,26 | 0,74 | 0,43 | 0,36 | 0,72 | 0,58 | 0,39 | 0,28 | 0,74 | 0,07 |
| Au | 0,13 | 0,00 | 0,02 | 0,00 | 0,44 | 0,04 | 0,93 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,88 | 0,04 | 0,01 | 0,71 | 0,00 | 0,03 | 0,14 | 0,03 | 0,00 | 0,00 |
| Ag | 12,52 | 11,81 | 10,67 | 10,32 | 9,00 | 11,30 | 10,49 | 10,11 | 12,51 | 9,00 | 9,41 | 9,14 | 11,30 | 10,11 | 10,57 | 11,03 | 12,76 | 12,20 | 12,74 | 10,34 | 6,76 |
| Bi | 47,12 | 45,63 | 47,76 | 47,84 | 44,06 | 45,81 | 48,91 | 41,58 | 39,82 | 44,55 | 48,41 | 48,89 | 45,81 | 41,58 | 43,27 | 43,85 | 46,26 | 46,84 | 46,81 | 44,35 | 46,73 |
| Sb | 0,00 | 0,00 | 0,02 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,05 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,03 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,03 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,02 | 0,00 |
| As | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Se | 32,75 | 32,91 | 31,32 | 35,48 | 39,77 | 30,03 | 35,24 | 30,76 | 35,96 | 37,68 | 37,08 | 36,07 | 30,03 | 30,76 | 34,43 | 36,47 | 31,55 | 32,78 | 31,74 | 32,64 | 33,09 |
| S | 1,30 | 1,14 | 1,71 | 1,66 | 1,35 | 1,75 | 1,78 | 1,34 | 0,32 | 0,79 | 0,94 | 0,96 | 1,75 | 1,34 | 1,38 | 1,37 | 1,53 | 1,20 | 1,22 | 1,57 | 1,11 |
| Total | 104,39 | 101,37 | 101,23 | 103,82 | 101,34 | 97,95 | 106,32 | 100,13 | 105,18 | 106,67 | 105,02 | 105,27 | 97,95 | 100,13 | 105,53 | 105,60 | 99,83 | 102,28 | 99,85 | 99,08 | 101,25 |
| % atómica | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Pt | 0,44 | 0,48 | 0,59 | 0,15 | 0,30 | 0,59 | 0,52 | 0,49 | 0,48 | 0,10 | 0,22 | 0,35 | 0,59 | 0,49 | 0,57 | 0,00 | 0,59 | 0,66 | 0,43 | 0,56 | 0,61 |
| Pd | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,04 | 0,04 | 0,00 | 0,04 | 0,03 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,03 | 0,01 | 0,07 | 0,11 | 0,06 | 0,00 | 0,29 | 0,00 |
| Pb | 5,07 | 4,71 | 4,44 | 3,75 | 2,65 | 4,28 | 3,16 | 8,87 | 8,64 | 7,09 | 3,52 | 3,37 | 4,28 | 8,87 | 7,55 | 6,28 | 2,93 | 3,86 | 3,30 | 3,96 | 6,04 |
| Zn | 0,02 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,06 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,09 | 0,09 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,05 | 0,04 | 0,00 | 0,08 | 0,00 | 0,03 |
| Cu | 1,16 | 1,08 | 1,24 | 1,24 | 1,34 | 0,25 | 1,98 | 0,36 | 0,31 | 1,38 | 1,98 | 2,28 | 0,25 | 0,36 | 0,41 | 0,75 | 1,71 | 1,48 | 1,19 | 2,47 | 4,02 |
| Fe | 0,41 | 0,74 | 0,87 | 1,36 | 1,00 | 1,63 | 1,78 | 0,96 | 0,45 | 1,23 | 2,33 | 2,55 | 1,63 | 0,96 | 0,74 | 1,44 | 1,23 | 0,83 | 0,59 | 1,56 | 0,15 |
| Au | 0,08 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,25 | 0,02 | 0,52 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,51 | 0,02 | 0,01 | 0,42 | 0,00 | 0,02 | 0,08 | 0,02 | 0,00 | 0,00 |
| Ag | 13,53 | 13,06 | 11,81 | 10,83 | 9,37 | 12,87 | 10,73 | 11,55 | 13,53 | 9,42 | 9,80 | 9,57 | 12,87 | 11,55 | 11,28 | 11,44 | 14,04 | 13,33 | 14,25 | 11,34 | 7,56 |
| Bi | 26,27 | 26,03 | 27,29 | 25,92 | 23,68 | 26,93 | 25,83 | 24,54 | 22,23 | 24,05 | 26,03 | 26,42 | 26,93 | 24,54 | 23,84 | 23,48 | 26,27 | 26,41 | 27,03 | 25,11 | 26,94 |
| Sb | 0,00 | 0,00 | 0,02 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,04 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,03 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,03 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,02 | 0,00 |
| As | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Se | 48,32 | 49,68 | 47,37 | 50,87 | 56,58 | 46,73 | 49,27 | 48,03 | 53,13 | 53,84 | 52,78 | 51,58 | 46,73 | 48,03 | 50,20 | 51,69 | 47,41 | 48,90 | 48,51 | 48,91 | 50,50 |
| S | 4,71 | 4,23 | 6,35 | 5,84 | 4,74 | 6,70 | 6,13 | 5,16 | 1,16 | 2,79 | 3,31 | 3,37 | 6,70 | 5,16 | 4,96 | 4,80 | 5,66 | 4,40 | 4,60 | 5,78 | 4,15 |
| Total | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |

| | Guanajuatita | | | | | | | | | | Fase Ag-Pb-Bi | | | | | | | | | | |
|-------|----------------|----------------|--------|--------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-----------------|--------------|--------------|--------------|
| | W1-708 HPT6 | W1-708 HPT7 | 1-PT1 | 1-PT2 | D-III PT4 | D-III PT5 | D-III PT6 | D-III PT8 | F-I PT16 | G-V PT3 | W1-708 B2PT24 | W1-708 B2PT25 | W1-708 B2PT31 | W1-708 B2PT32 | W1-708 B2PT33 | W1-708 B2PT34 | W1-708 B2PT36 | W1-708 B3PT4 | D-III PT1 | D-III PT7 | D-III PT9 |
| Pt | 0,19 | 0,53 | 0,84 | 1,07 | 1,00 | 0,83 | 0,90 | 1,00 | 0,14 | 1,00 | 0,61 | 0,78 | 0,09 | 0,24 | 0,00 | 0,31 | 0,00 | 0,57 | 0,47 | 0,52 | 0,34 |
| Pd | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,27 | 0,03 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,23 | 0,00 | 0,00 |
| Pb | 11,73 | 13,66 | 13,16 | 5,61 | 6,38 | 6,07 | 0,92 | 0,99 | 8,34 | 8,34 | 5,69 | 0,30 | 1,84 | 3,39 | 2,93 | 4,25 | 1,11 | 0,32 | 1,90 | 0,44 | 3,15 |
| Zn | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,04 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,04 | 0,01 | |
| Cu | 4,49 | 1,02 | 0,49 | 0,85 | 0,00 | 0,05 | 0,00 | 0,00 | 0,47 | 0,61 | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,08 | 0,00 | 0,00 | 0,50 | 0,00 | 0,02 | 0,04 |
| Fe | 0,02 | 0,83 | 0,24 | 0,35 | 0,42 | 0,38 | 0,18 | 0,31 | 2,17 | 0,48 | 0,17 | 0,12 | 0,41 | 0,48 | 0,36 | 0,43 | 0,41 | 0,08 | 0,13 | 0,04 | 0,20 |
| Au | 0,00 | 1,41 | 0,05 | 0,00 | 0,12 | 0,11 | 0,11 | 0,08 | 0,00 | 0,23 | 0,00 | 0,03 | 0,21 | 0,12 | 0,88 | 0,00 | 0,10 | 0,00 | 1,76 | 0,30 | 0,04 |
| Ag | 4,37 | 2,02 | 10,17 | 11,06 | 13,33 | 12,37 | 7,81 | 5,75 | 7,53 | 8,72 | 43,92 | 36,48 | 45,74 | 36,81 | 45,18 | 37,23 | 46,90 | 35,46 | 44,76 | 49,93 | 47,99 |
| Bi | 45,00 | 47,08 | 42,78 | 48,13 | 47,70 | 47,17 | 53,32 | 58,90 | 44,23 | 47,18 | 26,15 | 30,78 | 24,06 | 34,75 | 25,49 | 33,44 | 25,63 | 35,52 | 25,65 | 23,00 | 22,10 |
| Sb | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,04 | 0,07 | 0,02 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,04 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,02 | 0,00 | 0,00 | |
| As | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,20 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,09 | 0,00 | 0,00 | 0,20 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Se | 36,37 | 36,01 | 32,04 | 31,87 | 31,65 | 30,11 | 13,51 | 13,27 | 27,49 | 32,05 | 20,06 | 18,08 | 23,94 | 16,53 | 19,98 | 18,28 | 19,10 | 19,21 | 17,94 | 21,49 | 20,16 |
| S | 0,82 | 0,86 | 1,30 | 1,51 | 1,62 | 1,80 | 0,02 | 0,03 | 1,67 | 0,83 | 0,72 | 0,10 | 0,40 | 0,84 | 0,55 | 0,92 | 0,35 | 0,04 | 0,27 | 0,06 | 0,29 |
| Total | 102,99 | 103,41 | 101,05 | 100,45 | 102,22 | 98,90 | 76,79 | 80,40 | 92,55 | 99,48 | 97,34 | 86,69 | 96,77 | 93,20 | 95,45 | 94,85 | 93,79 | 91,69 | 93,13 | 95,83 | 94,30 |
| | % atómica | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Pt | 0,11 | 0,32 | 0,52 | 0,65 | 0,61 | 0,52 | 0,90 | 0,98 | 0,09 | 0,64 | 0,37 | 0,55 | 0,05 | 0,16 | 0,00 | 0,20 | 0,00 | 0,38 | 0,30 | 0,31 | 0,21 |
| Pd | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,32 | 0,04 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,27 | 0,00 | 0,00 |
| Pb | 6,50 | 7,91 | 7,70 | 3,24 | 3,64 | 3,58 | 0,86 | 0,92 | 5,19 | 5,01 | 3,26 | 0,20 | 1,02 | 2,12 | 1,69 | 2,58 | 0,65 | 0,20 | 1,15 | 0,25 | 1,82 |
| Zn | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,08 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,06 | 0,02 | |
| Cu | 8,12 | 1,92 | 0,93 | 1,61 | 0,00 | 0,10 | 0,00 | 0,00 | 0,95 | 1,19 | 0,02 | 0,03 | 0,00 | 0,00 | 0,14 | 0,00 | 0,00 | 1,03 | 0,00 | 0,04 | 0,08 |
| Fe | 0,05 | 1,79 | 0,52 | 0,74 | 0,89 | 0,83 | 0,62 | 1,07 | 5,02 | 1,08 | 0,36 | 0,30 | 0,83 | 1,12 | 0,76 | 0,98 | 0,88 | 0,18 | 0,30 | 0,08 | 0,42 |
| Au | 0,00 | 0,86 | 0,03 | 0,00 | 0,07 | 0,07 | 0,11 | 0,08 | 0,00 | 0,15 | 0,00 | 0,02 | 0,12 | 0,08 | 0,54 | 0,00 | 0,06 | 0,00 | 1,12 | 0,18 | 0,02 |
| Ag | 4,66 | 2,24 | 11,42 | 12,27 | 14,58 | 13,99 | 14,15 | 10,24 | 9,01 | 10,07 | 48,33 | 46,61 | 48,53 | 44,31 | 50,02 | 43,41 | 52,63 | 43,44 | 51,97 | 54,15 | 53,20 |
| Bi | 24,73 | 27,03 | 24,81 | 27,56 | 26,94 | 27,53 | 49,82 | 54,15 | 27,31 | 28,09 | 14,85 | 20,30 | 13,17 | 21,59 | 14,57 | 20,12 | 14,85 | 22,46 | 15,37 | 12,88 | 12,65 |
| Sb | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,06 | 0,11 | 0,02 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,04 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,02 | 0,00 | 0,00 | |
| As | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,34 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,13 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,32 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Se | 52,91 | 54,71 | 49,18 | 48,30 | 47,30 | 46,52 | 33,40 | 32,30 | 44,93 | 50,52 | 30,15 | 31,56 | 34,71 | 27,18 | 30,23 | 29,11 | 29,28 | 32,15 | 28,46 | 31,85 | 30,53 |
| S | 2,93 | 3,21 | 4,90 | 5,62 | 5,96 | 6,87 | 0,09 | 0,16 | 6,73 | 3,23 | 2,67 | 0,43 | 1,44 | 3,40 | 2,07 | 3,61 | 1,33 | 0,15 | 1,04 | 0,20 | 1,06 |
| Total | 100,001 | 100,002 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |

| Ouro | | | | | | |
|-------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-------------|
| | W1-708 B2PT11 | W1-708 B2PT14 | W1-708 B2PT21 | W1-708B 2PT22 | W1-708 B2PT37 | E-II PT3 |
| Pt | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,14 |
| Pd | 0,27 | 0,38 | 0,39 | 0,46 | 0,39 | 0,46 |
| Pb | 0,00 | 0,04 | 0,00 | 0,00 | 0,06 | 0,39 |
| Zn | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Cu | 0,03 | 0,08 | 0,00 | 0,03 | 0,02 | 0,01 |
| Fe | 0,06 | 0,00 | 0,02 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Au | 88,83 | 95,14 | 92,95 | 91,21 | 93,44 | 92,85 |
| Ag | 7,99 | 6,84 | 6,54 | 7,46 | 5,36 | 5,66 |
| Bi | 0,09 | 0,14 | 0,36 | 0,34 | 0,33 | 0,27 |
| Sb | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,03 | 0,00 |
| As | 0,00 | 0,00 | 0,04 | 0,00 | 0,00 | 0,68 |
| Se | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| S | 0,03 | 0,04 | 0,05 | 0,03 | 0,01 | 0,27 |
| Total | 97,30 | 102,66 | 100,35 | 99,54 | 99,64 | 100,72 |
| % atômica | | | | | | |
| Pt | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,13 |
| Pd | 0,49 | 0,65 | 0,67 | 0,80 | 0,69 | 0,78 |
| Pb | 0,00 | 0,03 | 0,00 | 0,00 | 0,05 | 0,34 |
| Zn | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Cu | 0,10 | 0,22 | 0,00 | 0,09 | 0,07 | 0,03 |
| Fe | 0,21 | 0,00 | 0,07 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Au | 84,98 | 87,28 | 87,33 | 85,80 | 89,42 | 85,76 |
| Ag | 13,95 | 11,46 | 11,22 | 12,82 | 9,37 | 9,54 |
| Bi | 77,00 | 0,12 | 0,32 | 0,30 | 0,30 | 0,23 |
| Sb | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,04 | 0,00 |
| As | 0,00 | 0,00 | 0,11 | 0,00 | 0,01 | 1,65 |
| Se | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| S | 0,20 | 0,24 | 0,28 | 0,19 | 0,06 | 1,53 |
| Total | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |

| Kalungaita | | | | | | | | | | | | | | |
|------------|--------------|-----------------|--------------|------------------|------------------|------------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|----------------|---------------|------------|------------|
| | W1-708 B1 | W1-708 B1PT8 | W1-708 B2 | W1-708 B2PT17 | W1-708 B2PT19 | W1-708 B2PT42 | W1-708 E2PT1 | W1-708 E2PT5 | W1-708 HPT5 | W1-708 HPT8 | W1-708 HPT9 | CAV1 IIPT3 | G-V PT1 | G-V PT4 |
| Pt | 0,02 | 0,17 | 0,29 | 0,00 | 0,20 | 0,29 | 0,23 | 0,16 | 0,67 | 0,77 | 0,00 | 1,40 | 0,00 | 0,00 |
| Pd | 40,65 | 40,89 | 40,40 | 41,35 | 42,28 | 42,66 | 37,49 | 41,07 | 41,64 | 42,00 | 42,41 | 37,90 | 41,77 | 39,85 |
| Pb | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,41 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Zn | 0,00 | 0,04 | 0,00 | 0,00 | 0,06 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,02 | 0,05 | 0,00 | 0,00 |
| Cu | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,01 | 0,18 | 0,01 | 0,08 | 0,18 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,80 | 0,05 | 0,00 |
| Fe | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,04 | 0,05 | 0,02 | 0,05 | 0,00 | 0,04 | 0,00 | 0,41 | 0,01 | 0,00 |
| Au | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,89 | 0,17 | 0,01 | 0,00 | 0,01 | 0,19 | 0,40 | 0,00 | 0,03 | 0,56 |
| Ag | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Bi | 0,49 | 0,47 | 0,34 | 0,43 | 0,49 | 0,49 | 5,23 | 1,18 | 0,42 | 0,39 | 0,44 | 0,23 | 0,36 | 0,25 |
| Sb | 1,29 | 1,25 | 1,24 | 1,40 | 1,39 | 1,37 | 1,17 | 1,33 | 1,28 | 1,38 | 1,33 | 1,27 | 1,28 | 1,30 |
| As | 27,36 | 26,76 | 27,85 | 27,75 | 27,32 | 26,40 | 27,82 | 27,49 | 27,50 | 27,07 | 27,80 | 27,46 | 26,14 | 26,80 |
| Se | 28,83 | 29,02 | 28,50 | 32,24 | 32,01 | 29,35 | 29,50 | 28,91 | 29,79 | 31,09 | 28,76 | 27,30 | 28,35 | 27,38 |
| S | 1,09 | 1,08 | 1,21 | 1,13 | 1,02 | 1,06 | 1,07 | 1,09 | 1,08 | 1,05 | 1,19 | 0,90 | 1,27 | 1,29 |
| Total | 99,74 | 99,70 | 99,87 | 104,30 | 105,87 | 101,85 | 103,05 | 101,46 | 102,39 | 103,98 | 102,34 | 97,71 | 99,26 | 97,44 |
| % atômica | | | | | | | | | | | | | | |
| Pt | 0,01 | 0,07 | 0,13 | 0,00 | 0,08 | 0,13 | 0,10 | 0,07 | 0,29 | 0,33 | 0,00 | 0,63 | 0,00 | 0,00 |
| Pd | 32,89 | 33,15 | 32,56 | 31,89 | 32,42 | 34,06 | 30,05 | 32,81 | 32,95 | 32,80 | 33,54 | 31,30 | 33,97 | 32,97 |
| Pb | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,17 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Zn | 0,00 | 0,06 | 0,00 | 0,00 | 0,08 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,02 | 0,07 | 0,00 | 0,00 |
| Cu | 0,01 | 0,03 | 0,03 | 0,02 | 0,24 | 0,01 | 0,11 | 0,24 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 1,11 | 0,07 | 0,00 |
| Fe | 0,00 | 0,00 | 0,02 | 0,00 | 0,06 | 0,07 | 0,03 | 0,07 | 0,00 | 0,06 | 0,00 | 0,64 | 0,01 | 0,00 |
| Au | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,37 | 0,07 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,08 | 0,17 | 0,00 | 0,01 | 0,25 |
| Ag | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Bi | 0,20 | 0,19 | 0,14 | 0,17 | 0,19 | 0,20 | 2,14 | 0,48 | 0,17 | 0,16 | 0,18 | 0,10 | 0,15 | 0,11 |
| Sb | 0,92 | 0,88 | 0,88 | 0,95 | 0,94 | 0,96 | 0,82 | 0,93 | 0,88 | 0,95 | 0,92 | 0,92 | 0,91 | 0,95 |
| As | 31,52 | 30,90 | 31,96 | 30,49 | 29,84 | 30,02 | 31,76 | 31,28 | 31,00 | 30,11 | 31,31 | 32,30 | 30,28 | 31,57 |
| Se | 31,52 | 31,79 | 31,04 | 33,60 | 33,17 | 31,66 | 31,95 | 31,21 | 31,86 | 32,81 | 30,73 | 30,46 | 31,15 | 30,61 |
| S | 2,93 | 2,92 | 3,25 | 2,89 | 2,61 | 2,82 | 2,86 | 2,91 | 2,85 | 2,72 | 3,14 | 2,46 | 3,44 | 3,55 |
| Total | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |

| Estibiopaladinita | | |
|--------------------------|------------------|------------------|
| | W1-708 B2PT38 | W1-708 B2PT39 |
| Pt | 0,24 | 0,42 |
| Pd | 70,70 | 71,20 |
| Pb | 0,06 | 0,13 |
| Zn | 0,00 | 0,00 |
| Cu | 0,15 | 0,22 |
| Fe | 0,06 | 0,01 |
| Au | 0,00 | 0,51 |
| Ag | 0,00 | 0,00 |
| Bi | 0,04 | 0,05 |
| Sb | 24,82 | 24,90 |
| As | 4,19 | 4,00 |
| Se | 0,00 | 0,00 |
| S | 0,03 | 0,01 |
| Total | 100,27 | 101,44 |
| % atômica | | |
| Pt | 0,13 | 0,22 |
| Pd | 72,18 | 71,84 |
| Pb | 0,03 | 0,06 |
| Zn | 0,00 | 0,00 |
| Cu | 0,24 | 0,37 |
| Fe | 0,12 | 0,01 |
| Au | 0,00 | 0,27 |
| Ag | 0,00 | 0,00 |
| Bi | 0,02 | 0,02 |
| Sb | 21,34 | 21,53 |
| As | 5,85 | 5,62 |
| Se | 0,00 | 0,00 |
| S | 0,10 | 0,04 |
| Total | 100,00 | 100,00 |

| Padmaíta | | | | | | |
|-----------------|-----------------|------------------|-----------------|---------------|---------------|---------------|
| | W1-708 B1PT9 | W1-708 B1PT12 | W1-708 E2PT3 | 1-PT7 | 1-PT11 | E-I PT3 |
| Pt | 1,13 | 1,24 | 0,84 | 1,08 | 1,11 | 0,89 |
| Pd | 27,11 | 27,19 | 26,44 | 25,22 | 25,73 | 23,63 |
| Pb | 0,00 | 0,00 | 0,03 | 0,19 | 0,00 | 0,45 |
| Zn | 0,02 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,02 | 0,03 |
| Cu | 0,04 | 0,04 | 0,25 | 0,13 | 0,29 | 0,08 |
| Fe | 0,01 | 0,02 | 0,07 | 0,03 | 0,10 | 0,05 |
| Au | 0,16 | 0,03 | 0,09 | 0,02 | 0,00 | 0,23 |
| Ag | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Bi | 52,71 | 53,05 | 51,94 | 49,91 | 50,31 | 49,56 |
| Sb | 0,00 | 0,00 | 0,44 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| As | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Se | 20,73 | 20,49 | 21,58 | 26,33 | 20,40 | 18,33 |
| S | 0,11 | 0,19 | 0,19 | 0,08 | 0,24 | 0,04 |
| Total | 102,01 | 102,25 | 101,88 | 102,99 | 98,19 | 93,28 |
| % atômica | | | | | | |
| Pt | 0,73 | 0,80 | 0,54 | 0,66 | 0,73 | 0,64 |
| Pd | 33,72 | 33,74 | 32,51 | 29,88 | 32,86 | 32,64 |
| Pb | 0,00 | 0,00 | 0,02 | 0,11 | 0,00 | 0,30 |
| Zn | 0,03 | 0,00 | 0,02 | 0,00 | 0,04 | 0,07 |
| Cu | 0,07 | 0,09 | 0,50 | 0,24 | 0,60 | 0,18 |
| Fe | 0,02 | 0,03 | 0,15 | 0,06 | 0,22 | 0,12 |
| Au | 0,10 | 0,02 | 0,05 | 0,01 | 0,00 | 0,16 |
| Ag | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Bi | 31,80 | 31,94 | 30,98 | 28,68 | 31,16 | 33,21 |
| Sb | 0,00 | 0,00 | 0,45 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| As | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Se | 33,10 | 32,65 | 34,07 | 40,05 | 33,44 | 32,52 |
| S | 0,42 | 0,73 | 0,72 | 0,30 | 0,95 | 0,16 |
| Total | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |

| Sperrylita | | | | |
|-------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| | W1-708 B1PT13 | W1-708 B2PT40 | W1-708 B2PT41 | W1-708 B2PT43 |
| Pt | 56,59 | 54,76 | 56,10 | 53,21 |
| Pd | 1,08 | 1,11 | 0,84 | 2,29 |
| Pb | 0,30 | 0,00 | 0,00 | 0,18 |
| Zn | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,02 |
| Cu | 0,00 | 0,03 | 0,03 | 0,03 |
| Fe | 0,03 | 0,00 | 0,02 | 0,01 |
| Au | 0,00 | 0,00 | 0,11 | 0,12 |
| Ag | 0,14 | 0,08 | 0,08 | 0,26 |
| Bi | 0,05 | 0,07 | 0,00 | 0,00 |
| Sb | 0,01 | 0,02 | 0,08 | 0,06 |
| As | 40,12 | 39,98 | 40,82 | 37,76 |
| Se | 7,92 | 7,85 | 7,35 | 8,38 |
| S | 0,28 | 0,43 | 0,32 | 0,40 |
| Total | 106,54 | 104,34 | 105,74 | 102,70 |
| % atômica | | | | |
| Pt | 30,58 | 29,88 | 30,39 | 29,59 |
| Pd | 1,07 | 1,11 | 0,84 | 2,33 |
| Pb | 0,15 | 0,00 | 0,00 | 0,10 |
| Zn | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,03 |
| Cu | 0,00 | 0,05 | 0,05 | 0,05 |
| Fe | 0,06 | 0,00 | 0,04 | 0,01 |
| Au | 0,00 | 0,00 | 0,06 | 0,07 |
| Ag | 0,14 | 0,08 | 0,08 | 0,26 |
| Bi | 0,03 | 0,04 | 0,00 | 0,00 |
| Sb | 0,01 | 0,02 | 0,07 | 0,05 |
| As | 56,45 | 56,81 | 57,59 | 54,67 |
| Se | 10,58 | 10,58 | 9,84 | 11,51 |
| S | 0,93 | 1,43 | 1,05 | 1,35 |
| Total | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |

| Bohdanowiczita | | | | | | |
|-----------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|---------------|---------------|
| | W1-708 B2PT12 | W1-708 B2PT27 | W1-708 B2PT28 | W1-708 B2PT30 | D-III PT2 | D-III PT3 |
| Pt | 0,70 | 0,68 | 0,70 | 0,00 | 1,06 | 0,72 |
| Pd | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Pb | 15,83 | 2,68 | 15,83 | 3,56 | 7,90 | 6,43 |
| Zn | 0,02 | 0,04 | 0,02 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Cu | 0,06 | 0,00 | 0,06 | 0,09 | 0,05 | 0,05 |
| Fe | 0,09 | 0,02 | 0,09 | 0,10 | 0,35 | 0,19 |
| Au | 0,17 | 0,00 | 0,17 | 0,25 | 0,14 | 0,90 |
| Ag | 20,57 | 27,04 | 20,57 | 25,82 | 19,24 | 29,90 |
| Bi | 32,01 | 37,40 | 32,01 | 35,10 | 40,48 | 34,25 |
| Sb | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| As | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Se | 29,40 | 15,98 | 29,40 | 19,70 | 28,18 | 25,58 |
| S | 1,04 | 0,09 | 1,04 | 0,09 | 1,00 | 0,82 |
| Total | 99,87 | 83,93 | 99,87 | 84,70 | 98,41 | 98,86 |
| % atômica | | | | | | |
| Pt | 0,43 | 0,53 | 0,43 | 0,00 | 0,67 | 0,44 |
| Pd | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Pb | 9,18 | 1,98 | 9,18 | 2,52 | 4,70 | 3,72 |
| Zn | 0,04 | 0,10 | 0,04 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Cu | 0,11 | 0,00 | 0,11 | 0,21 | 0,10 | 0,10 |
| Fe | 0,19 | 0,06 | 0,19 | 0,26 | 0,77 | 0,41 |
| Au | 0,10 | 0,00 | 0,10 | 0,19 | 0,09 | 0,55 |
| Ag | 22,91 | 38,43 | 22,91 | 35,15 | 21,98 | 33,22 |
| Bi | 18,40 | 27,44 | 18,40 | 24,66 | 23,87 | 19,65 |
| Sb | 0,00 | 0,02 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| As | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Se | 44,75 | 31,03 | 44,75 | 36,62 | 43,97 | 38,83 |
| S | 3,89 | 0,42 | 3,89 | 0,40 | 3,85 | 3,08 |
| Total | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |

| Claustalita | | | |
|--------------------|--------|--------|--------|
| | W1-708 | W1-708 | W1-708 |
| | B1PT10 | HPT1 | HPT3 |
| Pt | 0,00 | 0,01 | 0,06 |
| Pd | 0,05 | 0,05 | 0,23 |
| Pb | 69,42 | 71,36 | 70,35 |
| Zn | 0,01 | 0,00 | 0,00 |
| Cu | 0,04 | 0,09 | 0,07 |
| Fe | 0,05 | 0,01 | 0,01 |
| Au | 0,08 | 0,01 | 0,00 |
| Ag | 0,90 | 0,52 | 0,29 |
| Bi | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Sb | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| As | 0,11 | 0,03 | 0,08 |
| Se | 28,16 | 29,52 | 29,07 |
| S | 0,36 | 0,19 | 0,17 |
| Total | 99,18 | 101,78 | 100,33 |
| % atômica | | | |
| Pt | 0,00 | 0,01 | 0,05 |
| Pd | 0,07 | 0,06 | 0,30 |
| Pb | 46,84 | 47,09 | 47,13 |
| Zn | 0,01 | 0,00 | 0,00 |
| Cu | 0,08 | 0,19 | 0,15 |
| Fe | 0,14 | 0,02 | 0,01 |
| Au | 0,05 | 0,01 | 0,00 |
| Ag | 1,17 | 0,66 | 0,37 |
| Bi | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Sb | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| As | 0,21 | 0,05 | 0,15 |
| Se | 49,85 | 51,11 | 51,10 |
| S | 1,58 | 0,80 | 0,74 |
| Total | 100,00 | 100,00 | 100,00 |

| Calcopirita | | | |
|--------------------|--------|--------|--------|
| | CAV1 | CAV1 | CAV1 |
| | IIPT1 | IIPT1 | IIPT2 |
| Pt | 0,11 | 0,00 | 0,00 |
| Pd | 0,00 | 0,00 | 0,02 |
| Pb | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Zn | 0,00 | 0,00 | 0,03 |
| Cu | 35,12 | 33,53 | 33,44 |
| Fe | 30,67 | 29,29 | 29,67 |
| Au | 0,04 | 0,00 | 0,13 |
| Ag | 0,01 | 0,04 | 0,00 |
| Bi | 0,01 | 0,01 | 0,02 |
| Sb | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| As | 0,44 | 0,08 | 0,55 |
| Se | 1,83 | 1,29 | 2,95 |
| S | 34,96 | 33,93 | 33,01 |
| Total | 103,19 | 98,18 | 99,81 |
| % atômica | | | |
| Pt | 0,03 | 0,00 | 0,00 |
| Pd | 0,00 | 0,00 | 0,01 |
| Pb | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Zn | 0,00 | 0,00 | 0,02 |
| Cu | 24,88 | 24,80 | 24,67 |
| Fe | 24,71 | 24,64 | 24,91 |
| Au | 0,01 | 0,00 | 0,03 |
| Ag | 0,00 | 0,02 | 0,00 |
| Bi | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Sb | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| As | 0,27 | 0,05 | 0,35 |
| Se | 1,04 | 0,77 | 1,75 |
| S | 49,07 | 49,72 | 48,26 |
| Total | 100,00 | 100,00 | 100,00 |

ANEXO 3

GEOQUÍMICA

ROCHA TOTAL

| | Pegmatito | | Biotita-muscovita granito | | | | | |
|--------------------------------|------------------|------------|---------------------------|-------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | Amostra/ Furo | JM CAV2 | JM CAV4 | TEREZI 2 | LE CV1 | LE CV2 | LE CV3 | LE CV5 |
| | | % | | | | | | |
| SiO ₂ | | 82,89 | 66,29 | 70,16 | 89,62 | 93,66 | 87,48 | 83,18 |
| TiO ₂ | | 0,04 | 0,34 | 0,25 | 0,16 | 0,07 | 0,18 | 0,26 |
| Al ₂ O ₃ | | 10,34 | 17,73 | 16,03 | 5,14 | 2,52 | 6,30 | 9,01 |
| Fe ₂ O ₃ | | 0,7 | 3,08 | 1,51 | 2,15 | 2,07 | 2,73 | 2,18 |
| MnO | | <0,01 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,02 |
| MgO | | 0,54 | 1,12 | 0,34 | 0,29 | 0,16 | 0,34 | 0,65 |
| CaO | | 0,01 | 0,05 | 0,45 | 0,02 | 0,02 | <0,01 | <0,01 |
| Na ₂ O | | 0,09 | 0,14 | 2,31 | 0,04 | 0,02 | 0,04 | 0,05 |
| K ₂ O | | 3,6 | 8,90 | 6,66 | 1,76 | 0,89 | 2,15 | 3,18 |
| P ₂ O ₅ | | 0,03 | 0,105 | 0,4 | 0,061 | 0,019 | 0,047 | 0,069 |
| Cr ₂ O ₃ | | <0,001 | 0,002 | 0,001 | 0,025 | 0,016 | 0,017 | 0,016 |
| LOI | | 1,9 | 2,2 | 1,2 | 0,7 | 0,5 | 0,7 | 1,4 |
| TOT/S | | <0,01 | | <0,01 | | | | |
| Total | | 100,14 | 100,00 | 99,37 | 100,00 | 99,98 | 100,00 | 100,00 |
| Be | ppm | 2 | 3 | n.a. | 2 | 1 | 2 | 2 |
| Rb | | 151,3 | 336 | 414,8 | 82,2 | 44,1 | 98,6 | 155,6 |
| Cs | | 2,8 | 5,2 | 1,9 | 1,1 | 0,8 | 1,5 | 2,3 |
| Ba | | 333,1 | 752 | 467 | 141 | 81 | 213 | 218 |
| Sr | | 17 | 85 | 137,3 | 12,5 | 4,4 | 10,4 | 10,8 |
| Ga | | 19,6 | 18,9 | 27,8 | 8,3 | 4,5 | 10,8 | 15,2 |
| V | | 36 | 11 | 7 | 59 | 34 | 68 | 96 |
| Ni | | 0,2 | 2,6 | 1,5 | 7,5 | 5,2 | 6,2 | 4,3 |
| Co | | <0,5 | 2,2 | 115 | 0,9 | 1,4 | 2,3 | 1,4 |
| Pb | | 0,4 | 53,4 | 10,1 | 202,4 | 5,3 | 59,0 | 19,3 |
| Zn | | 1 | 8 | 34 | 4 | 4 | 5 | 5 |
| Mo | | 3,8 | 1,9 | 0,1 | 1,7 | 0,9 | 1,6 | 0,5 |
| Cu | | 1,6 | 21,7 | 7,3 | 29,1 | 14,4 | 36,0 | 11,3 |
| Au | | 7,6 | <0,5 | 6,9 | 53330 | <0,5 | 416,8 | 507,7 |
| Ag | | <0,1 | <0,1 | 0,1 | 24,1 | <0,1 | 2,3 | 0,7 |
| Hg | | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,93 | <0,01 | 0,02 | 0,03 |
| Se | | <0,5 | <0,5 | n.a. | 49,7 | <0,5 | 1 | <0,5 |
| As | | 1,6 | 1,2 | 0,6 | 5,3 | 0,8 | 10,8 | 1,4 |
| Sb | | <0,1 | <0,1 | <0,1 | 0,2 | <0,1 | 0,1 | <0,1 |
| Bi | | 0,1 | 1,2 | 0,6 | 640,6 | 3,2 | 6,2 | 8,2 |
| Sn | | 9 | 2 | 6 | 1 | <1 | <1 | <1 |
| W | | 3,7 | 2,1 | n.a. | 2,3 | 1,2 | 1,7 | 4,4 |
| Ta | | 0,7 | 0,4 | 0,8 | 0,2 | <0,1 | 0,2 | 0,4 |
| Nb | | 3,4 | 6,6 | 9,4 | 4,3 | 4,4 | 2,9 | 5,9 |
| Th | | 1,7 | 22 | 36,6 | 3,1 | 2,6 | 4,1 | 6,8 |
| U | | 1 | 7 | 18,4 | 4,5 | 1,8 | 11,1 | 2,2 |
| Zr | | 15,1 | 122,7 | 145,2 | 41,1 | 21,9 | 49,6 | 68,5 |
| Hf | | 0,6 | 4,3 | 4,5 | 1,2 | 0,5 | 1,5 | 2,2 |
| Y | | 1,4 | 7,4 | 15,9 | 12 | 2,4 | 2,7 | 4,1 |
| Sc | | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 5 | 6 |
| La | | 5,6 | 39,3 | 70,2 | 43,2 | 26,1 | 133 | 176 |
| Ce | | 13,9 | 92,3 | 130,3 | 83,8 | 48,9 | 224 | 353,4 |
| Pr | | 1,42 | 11,13 | 17,62 | 9,44 | 4,68 | 22,74 | 39,5 |
| Nd | | 4,5 | 42,7 | 67,5 | 36,1 | 15,5 | 76,9 | 136,7 |
| Sm | | 0,9 | 7,92 | 12,5 | 4,51 | 1,37 | 6,17 | 10,43 |
| Eu | | 0,17 | 0,78 | 0,62 | 0,69 | 0,18 | 0,77 | 1,23 |
| Gd | | 0,47 | 4,36 | 6,56 | 2,1 | <0,05 | 0,66 | 0,5 |
| Tb | | 0,09 | 0,47 | 0,68 | 0,36 | 0,05 | 0,12 | 0,12 |
| Dy | | 0,29 | 1,33 | 2,62 | 2,09 | 0,37 | 0,57 | 0,69 |
| Ho | | <0,05 | 0,15 | 0,31 | 0,36 | 0,07 | 0,08 | 0,09 |
| Er | | 0,1 | 0,4 | 0,91 | 0,97 | 0,17 | 0,21 | 0,26 |
| Tm | | <0,05 | 0,05 | 0,13 | 0,14 | 0,03 | 0,05 | 0,05 |
| Yb | | 0,12 | 0,4 | 0,85 | 0,8 | 0,21 | 0,31 | 0,44 |
| Lu | | 0,03 | 0,06 | 0,14 | 0,1 | 0,03 | 0,06 | 0,06 |

ETR

| Amostra | Rocha | La ppm | Ce ppm | Pr ppm | Nd ppm | Sm ppm | Eu ppm | Gd ppm | Tb ppm | Dy ppm | Ho ppm | Er ppm | Tm ppm | Yb ppm | Lu ppm | (La/Yb) _N |
|------------|---------------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------------------|
| CAV-1 | Muscovita-quartzo milonito (regional) | 1,9 | 4,8 | 1,02 | 7,5 | 8,06 | 2,45 | 9,39 | 1,61 | 6,23 | 0,79 | 1,57 | 0,2 | 1,07 | 0,09 | 1,08 |
| W1-708-B | | 8 | 15 | 1,89 | 7,9 | 5,9 | 1,58 | 5,58 | 0,84 | 3,3 | 0,37 | 0,72 | 0,08 | 0,54 | 0,03 | 8,98 |
| 70N2-16,55 | Muscovita-quartzo milonito (mina) | 23,7 | 48,1 | 5,61 | 20,6 | 3,3 | 0,63 | 2,12 | 0,29 | 1,2 | 0,17 | 0,48 | 0,06 | 0,44 | 0,08 | 32,64 |
| 70N2-22,90 | | 26,2 | 59 | 7,33 | 25,5 | 4,6 | 0,8 | 3,26 | 0,45 | 1,76 | 0,2 | 0,53 | <0,05 | 0,43 | 0,06 | 36,93 |
| 70N2-70,30 | | 21,8 | 46 | 5,78 | 20,5 | 3,9 | 0,84 | 2,63 | 0,36 | 1,21 | 0,17 | 0,37 | <0,05 | 0,32 | 0,05 | 41,29 |
| 70N2-82,60 | | 5 | 10,5 | 1,32 | 4,7 | 1,1 | 0,4 | 1,03 | 0,2 | 0,89 | 0,13 | 0,32 | <0,05 | 0,27 | 0,04 | 11,22 |
| 98S1-50,05 | | 10,2 | 21,4 | 2,96 | 10,2 | 2 | 0,29 | 1,46 | 0,23 | 1,01 | 0,14 | 0,39 | <0,05 | 0,33 | 0,06 | 18,73 |
| 98S1-89,37 | | 19 | 39,6 | 4,14 | 14 | 2,9 | 0,68 | 2,45 | 0,39 | 1,55 | 0,21 | 0,49 | 0,08 | 0,43 | 0,06 | 26,78 |
| 98S1-93,33 | | 8,7 | 20,9 | 2,54 | 9,7 | 2,4 | 0,38 | 2,22 | 0,32 | 1,38 | 0,15 | 0,39 | 0,06 | 0,41 | 0,05 | 12,86 |
| FB1-58,07 | | <0,5 | <0,5 | 0,05 | <0,4 | 0,1 | <0,05 | <0,05 | 0,01 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,01 | - |
| 91N-128,30 | | 13,8 | 25,3 | 3,11 | 11,3 | 2,3 | 0,53 | 2,09 | 0,31 | 1,2 | 0,16 | 0,4 | 0,06 | 0,35 | 0,07 | 23,90 |
| 91N-128,65 | | 7,6 | 14,2 | 2,01 | 7,2 | 1,9 | 0,32 | 1,51 | 0,25 | 0,89 | 0,1 | 0,3 | <0,05 | 0,25 | 0,05 | 18,42 |
| 91N-129,38 | | 7,8 | 17 | 2,03 | 7,7 | 1,7 | 0,38 | 1,5 | 0,21 | 0,86 | 0,1 | 0,26 | <0,05 | 0,28 | 0,04 | 16,88 |
| 91N-129,79 | | 16,9 | 38,7 | 4,36 | 15,8 | 3,2 | 0,68 | 2,31 | 0,3 | 1,02 | 0,14 | 0,29 | <0,05 | 0,34 | 0,06 | 30,12 |
| 91N-130,04 | | 14,5 | 26,9 | 3,35 | 12 | 2,5 | 0,51 | 1,86 | 0,28 | 0,91 | 0,12 | 0,26 | <0,05 | 0,23 | 0,04 | 38,21 |
| 91N-130,70 | Formação Ticunzal (gnaiss - mina) | 40,8 | 86,7 | 9,71 | 35 | 6,2 | 1,06 | 4,88 | 0,84 | 4,34 | 0,85 | 2,58 | 0,4 | 2,8 | 0,42 | 8,83 |
| 91N-130,90 | | 24 | 51,8 | 5,89 | 21,1 | 3,7 | 0,7 | 2,68 | 0,42 | 2,06 | 0,38 | 1,16 | 0,2 | 1,4 | 0,2 | 10,39 |
| 91N-131,43 | | 58,8 | 133,9 | 14,43 | 52,9 | 9,2 | 1,83 | 6,5 | 0,92 | 4,07 | 0,67 | 1,9 | 0,29 | 1,92 | 0,28 | 18,56 |
| 91N-131,62 | | 71,6 | 152,4 | 17,53 | 64,4 | 11,1 | 1,13 | 7,59 | 1,06 | 4,71 | 0,77 | 2,2 | 0,34 | 2,15 | 0,33 | 20,18 |
| 91N-132,14 | | 18,7 | 37,6 | 4,52 | 16,5 | 2,9 | 0,54 | 1,95 | 0,3 | 1,43 | 0,23 | 0,73 | 0,12 | 0,75 | 0,12 | 15,11 |
| 91N-132,40 | | 34,8 | 74,2 | 8,7 | 31,5 | 5,4 | 1,02 | 3,58 | 0,47 | 1,92 | 0,31 | 0,91 | 0,14 | 1,03 | 0,16 | 20,48 |
| 91N-133,60 | | 23,3 | 49,7 | 5,61 | 20,6 | 3,5 | 0,73 | 2,36 | 0,31 | 1,31 | 0,18 | 0,5 | 0,09 | 0,62 | 0,1 | 22,78 |
| 70N2-7,30 | Formação Ticunzal (xisto - mina) | 31,8 | 61,6 | 7,14 | 25,1 | 4,2 | 0,76 | 3,88 | 0,71 | 3,98 | 0,73 | 2,19 | 0,3 | 2,03 | 0,33 | 9,49 |
| 98-II-47A | Formação Ticunzal (xisto - regional) | 86 | 205,4 | 25,04 | 96,3 | 15,7 | 1,72 | 7,7 | 0,84 | 2,4 | 0,29 | 0,74 | 0,13 | 0,87 | 0,14 | 59,91 |
| 98-II-47B | | 48,5 | 94,6 | 13,24 | 48,8 | 9,4 | 1,23 | 6,26 | 0,88 | 3,34 | 0,47 | 1,31 | 0,17 | 1,22 | 0,17 | 24,09 |
| JM-CAV-1 | | 61,2 | 137,5 | 14,16 | 51,4 | 8,4 | 1,14 | 7,15 | 1,44 | 8,65 | 1,75 | 5,34 | 0,75 | 5,04 | 0,79 | 7,36 |
| JM-CAV-2 | Pegmatito (regional) | 5,6 | 13,9 | 1,42 | 4,5 | 0,9 | 0,17 | 0,47 | 0,09 | 0,29 | <0,05 | 0,1 | <0,05 | 0,12 | 0,03 | 28,28 |
| JM-CAV-4 | Biotita-muscovita granito (regional) | 39,3 | 92,3 | 11,13 | 42,7 | 7,92 | 0,78 | 4,36 | 0,47 | 1,33 | 0,15 | 0,4 | 0,05 | 0,4 | 0,06 | 59,55 |
| TEREZI 2 | | 70,2 | 130,3 | 17,62 | 67,5 | 12,5 | 0,62 | 6,56 | 0,68 | 2,62 | 0,31 | 0,91 | 0,13 | 0,85 | 0,14 | 50,05 |
| LECV-1 | (regional) | 43,2 | 83,8 | 9,44 | 36,1 | 4,51 | 0,69 | 2,1 | 0,36 | 2,09 | 0,36 | 0,97 | 0,14 | 0,8 | 0,1 | 32,73 |
| LECV-2 | | 26,1 | 48,9 | 4,68 | 15,5 | 1,37 | 0,18 | <0,05 | 0,05 | 0,37 | 0,07 | 0,17 | 0,03 | 0,21 | 0,03 | 75,32 |
| LECV-3 | | 133 | 224 | 22,74 | 76,9 | 6,17 | 0,77 | 0,66 | 0,12 | 0,57 | 0,08 | 0,21 | 0,05 | 0,31 | 0,06 | 260,02 |
| LECV-5 | | 176 | 353,4 | 39,5 | 136,7 | 10,43 | 1,23 | 0,5 | 0,12 | 0,69 | 0,09 | 0,26 | 0,05 | 0,44 | 0,06 | 242,42 |

Au-Pd-Pt

| Elemento | Au | Pt | Pd | Rh |
|---|------------|------------|------------|------------|
| Amostras | ppb | ppb | ppb | ppb |
| CAV 1 – Muscovita-quartzo milonito (mina) | >5000 | >5000 | >5000 | 3351 |
| CAV 2 – Muscovita-quartzo milonito (mina) | 5,0 | 32,9 | 47,9 | 14,6 |
| CAV 2A – Muscovita-quartzo milonito (mina) | 22,0 | 30,7 | 47,8 | 1,6 |
| F70N1-32,15 – Muscovita-quartzo milonito (mina) | >5000 | >5000 | >5000 | n.a. |
| F70N1-32,22 – Muscovita-quartzo milonito (mina) | 497,0 | 149,0 | 306,4 | n.a. |
| F70N2-26,80 – Muscovita-quartzo milonito (mina) | 139,0 | 8,4 | 16,1 | n.a. |
| F70N2-35,00 – Muscovita-quartzo milonito (mina) | 61,0 | 5,3 | 9,1 | n.a. |
| F70N2-35,23 – Muscovita-quartzo milonito (mina) | 36,0 | 3,0 | 5,9 | n.a. |
| F70N2-50,15 – Muscovita-quartzo milonito (mina) | 77,0 | 1,8 | 7,3 | n.a. |
| F70N2-70,30 – Muscovita-quartzo milonito (mina) | 5,0 | 0,2 | 0,7 | n.a. |
| F98S1-85,10 – Muscovita-quartzo milonito (mina) | >5000 | >5000 | >5000 | n.a. |
| FB1-46,35 – Muscovita-quartzo milonito (mina) | >5000 | >5000 | >5000 | n.a. |
| FB1-49,54 – Muscovita-quartzo milonito (mina) | >5000 | >5000 | >5000 | n.a. |
| FB1-50,77 – Muscovita-quartzo milonito (mina) | >5000 | >5000 | >5000 | n.a. |
| FB1-53,79 – Muscovita-quartzo milonito (mina) | >5000 | 828,9 | 1183,0 | n.a. |
| FB1-57,00 – Muscovita-quartzo milonito (mina) | 328,0 | 99,4 | 758,9 | n.a. |
| NH5 – Veio de quartzo mineralizado (regional) | >5000 | 5,4 | 8,1 | 0,5 |
| 99-VII-139 – Biotita-muscovita granito (regional) | 38,0 | 14,4 | 24,2 | 2,5 |
| 99-VII-176 – Biotita-muscovita granito (regional) | 25,0 | 7,0 | 11,4 | 2,0 |
| 99-IV-56 – Biotita-muscovita granito (regional) | 32,0 | 0,6 | 5,2 | 0,7 |
| 99-IV-65 – Biotita-muscovita granito (regional) | 3,0 | 3,6 | 5,5 | 1,4 |
| JM-CAV 4 – Biotita-muscovita granito (região de Cavalcante) | 11,0 | 1,9 | 0,5 | n.a. |
| 98-V-58 – Biotita-muscovita granito (região de Cavalcante) | 9,0 | 10,6 | 101,2 | 3,2 |
| JM-CAV 2 – Pegmatito (região de Cavalcante) | 24,0 | 2,8 | 4,0 | n.a. |
| F98S1-90,70 – Pegmatito (mina) | 1019,0 | 99,5 | 154,9 | n.a. |
| NH2 – Formação Ticunzal (regional) | 105,0 | 5,4 | 9,5 | 0,1 |
| NH3 – Formação Ticunzal (regional) | 191,0 | 2,5 | 2,0 | 0,1 |
| 98-II-47 A – Formação Ticunzal (xisto – região de Cavalcante) | 5,0 | 21,5 | 27,8 | n.a. |
| 98-II-47 B – Formação Ticunzal (xisto – região de Cavalcante) | 15,0 | 43,5 | 78,3 | n.a. |
| LE-CV 1 – Formação Ticunzal (xisto silicificado – região de Cavalcante) | >5000 | 52,3 | 25,4 | n.a. |
| LE-CV 2 – Formação Ticunzal (xisto silicificado – região de Cavalcante) | <1 | 138,1 | 58,5 | n.a. |
| LE-CV 3 – Formação Ticunzal (xisto silicificado – região de Cavalcante) | 109,0 | 7,8 | 4,5 | n.a. |
| LE-CV 5 – Formação Ticunzal (xisto silicificado – região de Cavalcante) | 623,0 | 61,7 | 139,6 | n.a. |
| F70N2-7,30 – Formação Ticunzal (xisto – mina) | 5,0 | 1,8 | 2,8 | n.a. |
| F91N-130,70 – Formação Ticunzal (paragneisse milonítico – mina) | 268,0 | 2,7 | 42,2 | 1,2 |
| F91N-130,90 – Formação Ticunzal (paragneisse milonítico – mina) | 111,0 | 17,3 | 14,5 | 1,3 |
| F91N-131,62 – Formação Ticunzal (paragneisse milonítico – mina) | 9,0 | 3,1 | 1,1 | 0,4 |
| F91N-132,14 – Formação Ticunzal (paragneisse milonítico – mina) | 8,0 | 1,4 | <0,5 | <0,5 |
| F91N-132,40 – Formação Ticunzal (paragneisse milonítico – mina) | 4,0 | 2,4 | 1,7 | 0,7 |
| F91N-133,60 – Formação Ticunzal (paragneisse milonítico – mina) | 18,0 | 5,9 | 4,1 | 0,4 |