



UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
ESCOLA DE MINAS
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA



TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**UTILIZAÇÃO DE *ORE SORTING* NA INDÚSTRIA MINERAL:
APLICAÇÃO PARA MINÉRIO DE OURO DE BAIXO TEOR.**

Brenda Lorrane de Paula

MONOGRAFIA nº 349

Ouro Preto, Dezembro de 2019

**UTILIZAÇÃO DE *ORE SORTING* NA INDÚSTRIA MINERAL:
APLICAÇÃO PARA MINÉRIO DE OURO DE BAIXO TEOR.**



FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO

Reitora

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

Vice-Reitor

Prof. Dr. Hermínio Arias Nalini Júnior

Pró-Reitora de Graduação

Prof.^a Dr.^a Tânia Rossi Garbin

ESCOLA DE MINAS

Diretor

Prof. Dr. Issamu Endo

Vice-Diretor

Prof. Dr. Hernani Mota de Lima

DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA

Chefe

Prof. MSc. Edison Tazava

MONOGRAFIA

Nº 349

UTILIZAÇÃO DE *ORE SORTING* NA INDÚSTRIA MINERAL: APLICAÇÃO PARA MINÉRIO DE OURO DE BAIXO TEOR.

Brenda Lorrane de Paula

Orientador

Prof. Edison Tazava

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

OURO PRETO

2019

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

Direitos de tradução e reprodução reservados.

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

Revisão geral: Brenda Lorrane de Paula

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

D278u	De Paula, Brenda Lorrane Utilização de <i>Ore Sorting</i> na indústria mineral [manuscrito]: aplicação para minério de ouro de baixo teor / Brenda Lorrane De Paula – 2020. 47 f.: ‘ il.: color., gráf., mapa. + quadro Orientador: Prof. Me. Edison Tazava. Monografia (Bacharelado). Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas. D 1. Processamento mineral. 2. Minérios. 3. Ouro. 4. Geometalurgia. 5. Greenstone Belt. I. Tazava, Edison. II. Universidade Federal de Ouro Preto. III. Utilização De <i>Ore Sorting</i> Na Indústria Mineral: Aplicação Para Minério De Ouro De Baixo Teor CDU 553.411
-------	--

Bibliotecário(a) Responsável: Sione Galvão Rodrigues - CRB6 / 2526
<http://www.sisbin.ufop.br>

Ficha de Aprovação

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

TÍTULO: Utilização de Ore Sorting na Indústria Mineral: Aplicação para Minério de Ouro de Baixo Teor”.

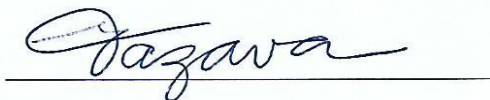
AUTORA: Brenda Lorrane de Paula

ORIENTADOR: Edison Tazava

Aprovada em: 13 de dezembro de 2019

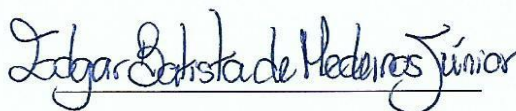
BANCA EXAMINADORA:

Prof. Edison Tazava



DEGEO/UFOP

Prof. Edgar Batista de Medeiros Junior



DEGEO/UFOP

Eng. Geól. Yanne da Silva Queiroz



DEGEO/UFOP

Ouro Preto, 13/12/2019

AGRADECIMENTOS

Agradeço imensamente a Deus e a todos que estiveram ao meu lado, me acompanhando nessa jornada. Agradeço aos meus pais pela oportunidade ao meu irmão pelo exemplo e a Pâmela, por ser a melhor amiga que alguém pode ter.

Agradeço a AngloGold Ashanti, por todo conhecimento e pelo meu professor-orientador, que me ajudou a aplicá-lo.

Agradeço ainda e principalmente ao Gabriel por toda a paciência e amor.

Obrigada a todos.

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	viii
SUMÁRIO.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE QUADROS.....	xiii
RESUMO	xiv
INTRODUÇÃO	1
1.1 APRESENTAÇÃO	1
1.2 A GEOMETALURGIA	1
1.3 LOCALIZAÇÃO	2
1.4 OBJETIVOS	4
1.5 JUSTIFICATIVA	4
1.6 MATERIAIS E MÉTODOS.....	4
1.6.1 Revisão bibliográfica.....	4
1.6.2 Banco de dados	4
1.6.3 Análise qualitativa.....	5
1.6.4 Petrografia.....	5
1.6.5 Integração química-geológica.....	5
2 CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL	7
2.1 CONTEXTO GEOTECTÔNICO	7
2.1.1 <i>Greenstone belt</i> de Crixás - GO	7
2.1.2 Formação Córrego Alagadinho	8
2.1.3 Formação Rio Vermelho.....	8
2.1.4 Formação Ribeirão das Antas	8
2.2 EVOLUÇÃO DEFORMACIONAL	9
2.3 OS DEPÓSITOS DE OURO	10
2.4 PEQUIZÃO	11
3 ORE SORTING.....	13
3.1 HISTÓRICO	13
3.2 INTRODUÇÃO	13
3.2.1 Princípios para separação.....	14

3.2.2 Sensores.....	15
3.2.3 Classificação do material	16
3.2.4 Desenvolvimento.....	19
3.2.5 <i>Bulk Test</i>	20
3.2.6 Resultados Esperados	21
4 BANCO DE DADOS	23
4.1 ANÁLISES QUÍMICAS	23
4.1.1 Difractometria de Raio X	24
4.1.2 Espectroscopia de Fluorescência de Raios X.....	25
5 PETROGRAFIA E ANÁLISE QUÍMICA.....	27
5.1 Lâmina B1 – GNCX: Clorita-Biotita-Quartzo-Granada Xisto	27
5.2 Lâmina B2 – XGMAG: Quartzo-Biotita-Carbonato Xisto	29
5.3 Lâmina B3 – QTZ: Quartzito	31
5.4 Lâmina B4 – QTZ: Quartzito	32
5.5 Lâmina B5 – GXN: Biotita-Quartzo Xisto.....	33
6 INTEGRAÇÃO QUÍMICA-GEOLÓGICA	37
7 DISCUSSÕES.....	43
8 CONCLUSÕES.....	Erro! Indicador não definido.
9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	45
APÊNDICE	48
ANEXOS.....	53

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 - Localização da área de estudos no mapa de satélite do estado de Goiás	3
Figura 1.2 - Trajeto entre a cidade de Crixás e a cidade de Ouro Preto – MG.	3
Figura 2.1 - Localização do terreno arqueano-paleoproterozóico de Goiás	8
Figura 2.2 - A – Mapa simplificado do greenstone belt de Crixás e suas unidades estratigráficas. B – Coluna estratigráfica do <i>greenstone belt</i> de Crixás.....	9
Figura 2.3 - Localização dos corpos de minério sobre a geologia do <i>greenstone belt</i> de Crixás.	11
Figura 3.1 - Análise de amostras, considerando a cor e a porcentagem mínima de sulfeto necessária para que haja a separação entre produto e rejeito	16
Figura 3.2 - Diferentes matérias produzem diferentes respostas ao raio laser	17
Figura 3.3 - Efeito do espalhamento do raio laser em materiais diferentes, auxiliando na determinação da composição das amostras.	17
Figura 3.4 - Duas amostras de matérias diferentes podem apresentar a mesma projeção.	18
Figura 3.5 - Transformação das imagens da classificação por densidade, para a classificação de pixel de acordo com a densidade atômica	18
Figura 5.1 Fotomicrografia da amostra B1 em lâmina delgada polida, utilizando Luz Polarizada Cruzada (LPC), com foco nos porfiroblastos de granada (Gra)	28
Figura 5.2 Fotomicrografia da amostra B1 em lâmina delgada polida, utilizando Luz Plano Polarizada (LPP), com foco nos pórfiros de granada (Gra).	28
Figura 5.3 Fotomicrografia da amostra B1 em lâmina delgada polida Luz Refletida (LR) onde vê-se calcopirita (Ccp) e pirrotita (Po).....	29
Figura 5.4 Fotomicrografia da amostra B2 em lâmina delgada polida, utilizando Luz Luz Polarizada Cruzada (LPC), onde vê-se quartzo (Qtz) e carbonato (Cal).	30

Figura 5.5 Fotomicrografia da amostra B2 em lâmina delgada polida Luz Refletida (LR), onde vê-se calcopirita (Ccp) e magnetita (Mag)	30
Figura 5.6 Fotomicrografia da amostra B3 em lâmina delgada polida, utilizando Luz -Polarizada Cruzada (LPC), onde vê-se quartzo (Qtz) e biotita (Bt).	31
Figura 5.7 Fotomicrografia da amostra B3 em lâmina delgada polida Luz Refletida (LR), com foco na associação do rutilo (Rt) com a magnetita (Mag).	32
Figura 5.8 Fotocaracterização da amostra B4 em lâmina delgada polida, utilizando Luz Polarizada Cruzada (LPC), onde vê-se quartzo (Qtz) e carbonato (Cal).	33
Figura 5.9 Fotomicrografia da amostra B5 em lâmina delgada polida, utilizando Luz Polarizada Cruzada (LPC), com foco na pirrotita (Po) bordeada por calcita (Cal).	34
Figura 5.10 Fotomicrografia da amostra B5 em lâmina delgada polida, utilizando Luz Polarizada Cruzada (LPC), com foco nas dobras milimétricas na biotita (Bt).	34
Figura 5.11 Fotomicrografia da amostra B5 em lâmina delgada polida Luz Refletida (LR), onde vê-se biotita (Bt) e pirrotita (Po).....	35
Figura 6.1 Média calculada para os teores de Au (g/ton) e S (%) para os litotipos do grupo QTZ	38
Figura 6.2 Média calculada para os teores de Au (g/ton) e S (%) para os litotipos do grupo GXN	38
Figura 6.3 Média calculada para os teores de Au (g/ton) e S (%) para os litotipos do grupo GNCX	39
Figura 6.4 Média calculada para os teores de Au (g/ton) e S (%) para os litotipos do grupo XGMAG.....	40

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 2.1 - Evolução estrutural do <i>greenstone belt</i> de Crixás – GO	10
Quadro 3.1 - Sensores disponíveis para o <i>Ore Sorting</i> e suas características quanto a propriedade material detectada.....	15

RESUMO

A exploração de ouro é uma vertente da mineração que vem com muitos desafios. Em muitos casos, as usinas são forçadas a processar uma quantidade exorbitante de material de baixo teor e mineralogia complexa, para atingir metas de planos de produção. Atualmente, parte do volume retirado das minas como rejeito, em realidade faz parte de um montante que deveria ser aproveitado, ou seja, um material com alto teor, que devido a diluição em meio ao material de baixo teor, acaba sendo erroneamente descartado. Nesse cenário, a presente monografia desenvolve-se ao redor das características e aplicabilidades da planta metalúrgica de *Ore Sorting*, para viabilizar o tratamento e processamento mineral do material proveniente das minas, através da separação de minérios de alto e baixo teor, buscando eliminar o rejeito logo no início do processo. A tecnologia do *Ore Sorting* consiste na identificação do metal de interesse em cada rocha que passa pelos sensores de raios-X e raios laser e então separa-los das partículas que não contém esse metal. A compreensão da relação entre diferentes tipos de textura, tamanho de grão e associações de fontes de ouro, como quartzo ou sulfeto, e suas respostas a diferentes tipos de sensores são a chave para o sucesso do *Ore Sorting*. Os estudos aqui apresentados foram baseados na planta de uma mineradora de ouro, pioneira nesse tipo de processo, através de dados colhidos e trabalhados durante o período de estágio da autora. Para atingir os objetivos, foram avaliadas amostras de rejeito, de rocha britada, do grupo Pequizão, provinda de terrenos de *greenstone belt* em Crixás/GO, ricas em quartzo e sulfetos, de baixo, médio e alto teor, através de análises macroscópicas e microscópicas de lâminas delgadas polidas, procurando identificar partículas de ouro e discriminar com quais associações minerais há maior afinidade. Buscou-se discutir também, como essas informações podem definir os tipos de calibração e sensores para as diferentes categorias de minério de ouro produzidos pelo corpo Pequizão e como elas podem ser usadas para gerar uma simulação assertiva para a planta do *Ore Sorting*, de maneira a proporcionar um melhor aproveitamento do minério.

Palavras chave: *Ore Sorting*, minério, ouro, geometalurgia, *greenstone belt*

CAPITULO 1

INTRODUÇÃO

1.1 APRESENTAÇÃO

A tecnologia *Ore Sorting* é um método que utiliza sensores para auxiliar na separação do minério, resultando no prolongamento da vida útil das operações de minas e aumentando o valor geral de seus depósitos. Em todo o mundo, esse tipo de sistema já contribui para pré concentrações de minério e recuperação de material, de maneira mais econômica e energeticamente eficiente, mesmo no estágio mais recente do processo de produção (Dumont & Lemos 2017).

No presente trabalho será desenvolvido uma pesquisa exploratória no formato de um estudo de caso sobre a planta *Ore Sorting* de uma mineradora de ouro. Espera-se identificar a associação mineralógica de amostras em que o ouro não está sendo recuperado e dessa maneira gerar dados que possam auxiliar numa configuração assertiva para o programa da planta, possibilitando que em testes futuros, diminua-se as perdas e diluições.

1.2 A GEOMETALURGIA

A geometalurgia é uma ferramenta multidisciplinar, que engloba as áreas da geologia e metalurgia, correlacionando informações geológicas, de mineração, metalúrgicas, ambientais e econômicas buscando desenvolver um modelo espacial informado, capaz de inferir o comportamento de minérios na planta de processamento mineral (Gonçalves 2017).

Sua relevância é comprovada pelo fato de que quando executada a em projetos mineiros, estimula a diminuição das barreiras existentes entre os profissionais especializados em depósitos minerais, e outros, incumbidos pelas operações mineiras e a planta de beneficiamento mineral (Gonçalves 2017). Segundo Lemos (2015), O uso de critérios geometalúrgicos, assim como, variação de dureza, mineralogia, grau de liberação do mineral minério, porosidade, entre outros, quebram barreiras entre as áreas operacionais identificando previamente a variabilidade do comportamento metalúrgico de diferentes tipos de minérios e, além disso, apoiam a estabilidade dos processos.

Esse maior conhecimento agregado em relação ao corpo mineralizado e suas influências ao longo de processo representam a diminuição das variabilidades, assim trazendo redução dos riscos quanto à capacidade de produção da mina e ganhos financeiros otimizados.

Frente ao contexto de transformações no setor minério-metalúrgico, onde os depósitos de minerais estratégicos explorados apresentam teores cada vez mais baixos e a sustentabilidade deve orientar a ação de todas as grandes empresas, novos projetos de mineração devem integrar a abordagem geometalúrgica desde as etapas de exploração e prospecção, inteirando os corporativistas mais influentes do setor que essas tecnologias não representam custos desnecessários, mas sim investimento para o longo prazo (Gonçalves 2017).

1.3 LOCALIZAÇÃO

As amostras utilizadas neste estudo são da região noroeste de Goiás, cidade de Crixás (Figura 1.1). O município se estende por 4661,2 km² e limita-se pelas coordenadas geográficas 14° 32' 55" Sul e 49° 57' 53" Oeste

A região posiciona-se a cerca de 1215 km de Ouro Preto (Figura 1.2) e o acesso à região é realizado a partir das rodovias BR-356 (Rodovia dos Inconfidentes), em direção à Belo Horizonte, devendo-se entrar na BR-040, em direção à Brasília, até o trevo de Samambaia/Taguatinga, onde se segue para norte pela BR-251 até a cidade de Goiânia. Posteriormente, toma-se a BR-060 no sentido DF-180, em seguida, a BR-070, depois a BR-414 e a BR-080 sentido Campinorte, seguindo pela GO-336 até Crixás. Várias estradas vicinais que interligam as localidades, distritos, vilas e fazendas da região, completam o sistema viário da região.



Figura 1.1 - Localização da área de estudos no mapa de satélite do estado de Goiás (Fonte: Google Maps)

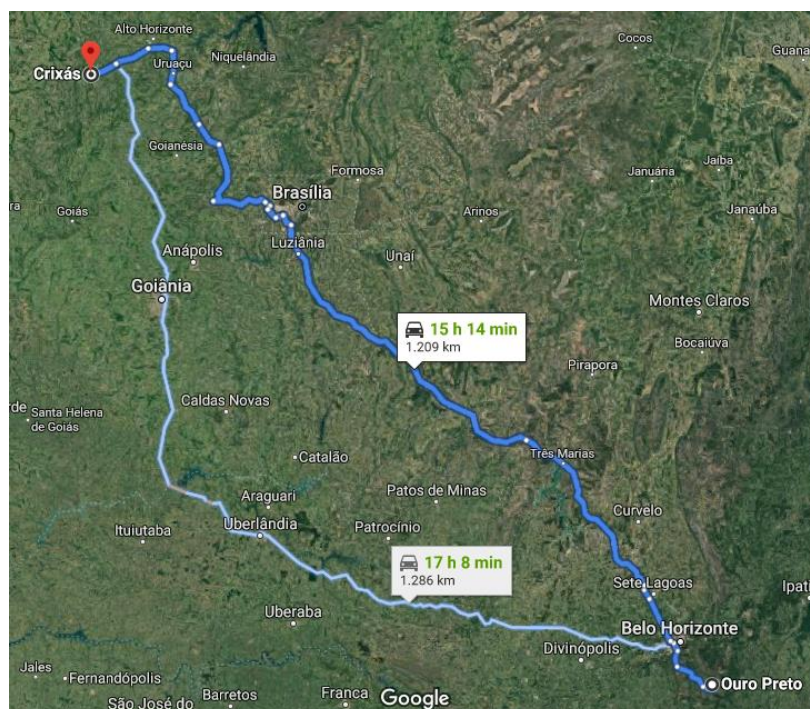


Figura 1.2 - Trajeto entre a cidade de Crixás e a cidade de Ouro Preto – MG (Fonte: Google Maps).

1.4 OBJETIVOS

Esse trabalho tem por objetivo investigar as aplicações e metodologia de uma planta de *Ore Sorting*, baseada em sensores de raio laser e raios-x e sua aplicabilidade para a exploração e recuperação de ouro na mineração. Mais especificamente, foi realizado um estudo da associação mineralógica relacionada ao ouro, de maneira a discriminar onde e porque existem as perdas de teor no produto das minas de uma determinada mineradora localizada em Goiás.

1.5 JUSTIFICATIVA

O *Ore Sorting*, tema central desse trabalho, separa o minério em suas partículas elementares. Atualmente, segundo Dumont & Lemos (2017) essa tecnologia é amplamente usada em minas e na indústria mineral, onde o minério é separado para aumentar a eficiência dos demais processos de refinamento, de maneira a prover menos material para ser processado, causando também, um aumento da pureza do material.

Esse método vem sendo extensivamente estudado e diversas tecnologias já foram identificadas como apropriadas para a aplicação comercial, porém, há muito pouca discussão qualitativa sobre o impacto causado por essas tecnologias, seus benefícios e obstáculos.

Dessa forma, o presente trabalho é justificado pela escassez de pesquisas direcionadas às análises das características e aplicabilidades da planta metalúrgica de *Ore Sorting*, para viabilizar o tratamento de minérios de baixo teor, através do aumento da recuperação global do minério (Dumont & Lemos 2017).

1.6 MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho foi realizado conforme as etapas descritas a seguir.

1.6.1 Revisão bibliográfica

A principal base de consulta bibliográfica foi a o artigo *Ore Sorting methodology investigation applied to gold ores* (Dumont & Lemos 2017), por ser base de pesquisa do presente trabalho. Visando ainda o entendimento dos métodos a serem aplicados durante a realização da pesquisa, realizou-se a leitura de textos e artigos com temas relacionados a plantas de *Ore Sorting* e Geometalurgia.

1.6.2 Banco de dados

Utilizou-se, neste trabalho, o banco de dados de análise química, produzido e disponibilizado pela mineradora de ouro de onde provém as amostras trabalhadas.

1.6.3 Análise qualitativa

A partir do banco de dados de análises químicas, gerou-se gráficos temático agrupando os litotipos, para a caracterização mineralógica das amostras deste estudo. Este gráfico temático foi produzido a partir do *software Microsoft Excel* e posteriormente, integrado aos dados geológicos das amostras macroscópicas, com vista à interpretação qualitativa dos dados.

1.6.4 Petrografia

Realizou-se a descrição mineralógica das rochas em lâmina delgada polida no laboratório de Microscopia Óptica da UFOP-MG, buscando definir a presença de Au, sulfetos e quartzo e a associação mineralógica que os acompanha.

1.6.5 Integração química-geológica

Efetuuou-se a integração da associação mineral das amostras em lâmina e fornecidas pela empresa, com interpretações dos teores de Au e S apresentados na planilha de análises químicas (Anexo).

CAPÍTULO 2

CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL

2.1 CONTEXTO GEOTECTÔNICO

A área investigada situa-se na região setentrional do cinturão de cavalgamentos da Serra do Espinhaço, na zona limítrofe entre a porção oriental do Cráton São Francisco e a região noroeste da faixa de dobramentos Araçuaí (Alkmim *et al.* 2006).

2.1.1 *Greenstone belt* de Crixás - GO

Os *greenstone belts* de Goiás são terrenos arqueanos do Maciço de Goiás (Figura 2.1), que ocorrem em cinco faixas que se situam entre o extremo norte e sul, apresentando-se em Crixás, Guarinos, Pilar de Goiás, Santa Rita e Faina. Segundo Pimentel (2000) o *Greenstone belt* de Crixás, trata-se de uma faixa alongada a NS, a qual, segundo Sabóia e Teixeira (1980) é uma sequência vulcano-sedimentar, agrupada respectivamente da base para o topo, como Formação Córrego Alagadinho, (litologia rochas ultramáficas komatiíticas), Formação Rio Vermelho, (basaltos com estruturas primárias (pillow-lavas)) e Formação Ribeirão das Antas (rochas metassedimentares químicas e detríticas) (Figura 2.2).

Essa faixa é limitada a oeste pelo Complexo da Anta, a leste e a sudeste pelo Complexo Caimar e ao norte, pela Sequência metassedimentar Santa Terezinha. Os contatos do *greenstone belts* com os complexos granito-gnaisses são o que determinam a geometria linear, curva ou irregular das faixas arqueanas. (Jost *et al.* 2001, Dantas *et al.* 2001).

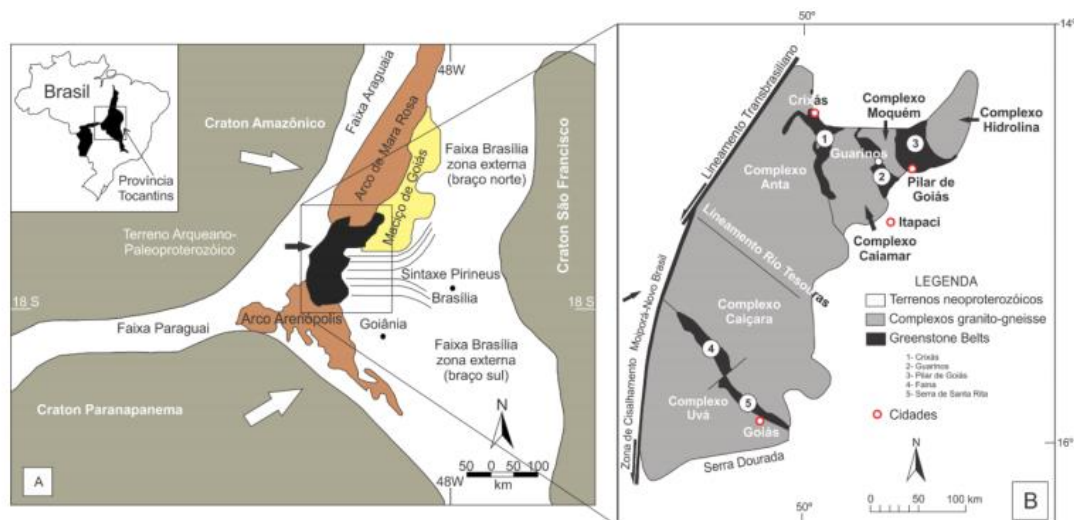


Figura 2.1 - Localização do terreno arqueano-paleoproterozóico de Goiás. (Extraído de Castoldi (2015) e modificado de Pimentel *et al.* (2000) e Souza (2018))

2.1.2 Formação Córrego Alagadinho

A Formação Córrego Alagadinho, segundo Sabóia (1979), formada majoritariamente por rochas ultramáficas, tem aproximadamente 500m de espessura e evidencia feições primárias preservada do tipo spinifex, disjunções poliedrais, cumulos de olivina e brechas de fluxo, que sofreram serpentinização total ou parcial ou foram transformadas em xisto magnesiano, por sua vez compostos por peridotitos, piroxênios e dunitos metamorfizados (Sobiesiak 2011).

2.1.3 Formação Rio Vermelho

A Formação Rio Vermelho, (Sabóia 1979), formada majoritariamente por metabasaltos toleíticos, anfíbolitos e anfíbolo xisto, apresenta suas rochas intercaladas com xistos carbonosos, formações ferríferas e metavulcânicas intermediárias. Ela tem aproximadamente 350m de espessura e evidencia estruturas primárias do tipo pillow-lava, variólitos, vesículas e amidas preservadas (Sobiesiak 2011).

2.1.4 Formação Ribeirão das Antas

Segundo Sobiesiak (2011), a Formação Ribeirão das Antas, formada por rochas metassedimentares e vulcânicas exalativas, compostas por metarenitos, xisto carbonosos, metassiltitos, quartzitos, quartzitos carbonosos, metacherts carbonosos, metacherts ferruginosos, rochas carbonáticas como dolomitos e calcários e metavulcanoclásticas aluminosas e intermediárias. Tem aproximadamente 400m de espessura e apresenta-se agrupada em três membros, segundo Theodoro (1995), que são: Membro vulcanossedimentar, composto por filitos carbonosos com fragmentos de provável púmice; Membro carbonático, composto por mármore com oncóides ou relíquias de possíveis estromatólitos e

Membro siliciclástico, composto por metarenitos, metasiltitos e metafolhelhos, ritmicamente acamados.

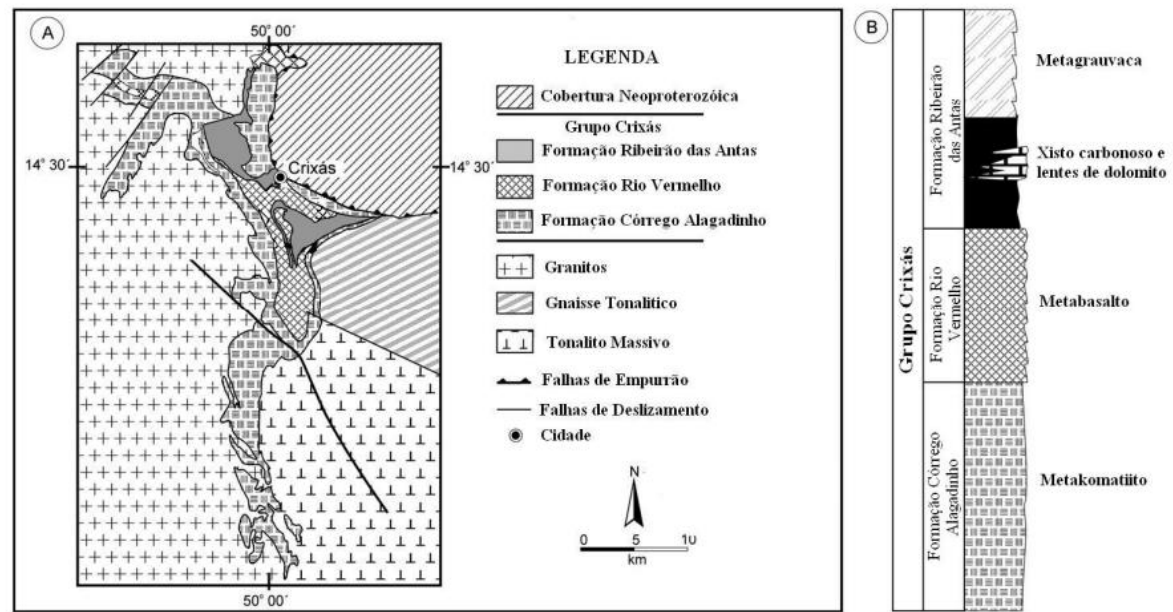


Figura 2.2 - A – Mapa simplificado do greenstone belt de Crixás e suas unidades estratigráficas. B – Coluna estratigráfica do *greenstone belt* de Crixás segundo Sabóia (1979). Modificado de Jost *et al* (2010)

2.2 EVOLUÇÃO DEFORMACIONAL

Dados estruturais referentes ao *greenstone belt*, obtidos por Magalhães (1991), Queiroz (1995) e Massucato (2004) sugerem que ele contém o registro de pelo menos quatro eventos deformacionais (Quadro 2.1).

Tem-se, segundo Sobiesiak (2011), que a evolução do *greenstone belt*, deu-se primeiramente com derrames komatiíticos, sobrepostos por derrames toleíticos, dando início a formação de uma rasa bacia flexural, com deposição de sedimentos pelíticos-psamíticos e químicos. Concomitante a isso, houve um aporte maior de sedimentos grosseiros, devido a ocorrência de um evento distensivo, causando que a camada de arenito ficasse mais densa e possibilitasse a formação de conglomerados de arenito lítico com seixos angulosos de pelito carbonoso, indiciando transporte.

O primeiro evento deformacional, foi responsável pela hidrotermalização principal da área, gerando uma proto-mineralização, onde as falhas serviram como condutos para a percolação de fluidos.

Quadro 2.1 - Evolução estrutural do *greenstone belt* de Crixás – GO (adaptado de Carvalho 2005)

Greenstone Belt de Crixás			
Evento	Estruturas	Foliação	Lineação
D1	-Dobras assimétricas, apertada a isoclinal, recumbentes a horizontal normal. -Foliação S1 plano axial, foliação metamórfica. -Lineação mineral/estiramento. -Falhas de empurrão. -Indicadores cinemáticos com topo para SE	- S1 19/273	Lineação mineral/estiramento 10/300 e 10/119

D2	- Dobras abertas, com plano axial subvertical e eixo subhorizontal e subparalelo ao eixo das dobras posteriores. - Falhas reversas. - Foliação S-C - Movimento para SW	-S2: 15/306. - S-C: S: 267/68 C: 240/47	-Eixo 19/296
D3	- Dobras suaves - Crenulação - Kink band	- S3: 74/089	- Eixo, lineação de interseção WNW – ESSE
D4	- Dobras suaves - Crenulação - Kink band	- S4: 90/186	- Eixo, lineação de interseção N - S

2.3 OS DEPÓSITOS DE OURO

As mais importantes jazidas minerais na região central do Brasil estão associadas ao hidrotermalismo (Suszczyński 1973, Branco 1984, Thomson 1987 e 1990, Pulz 1990). Dentre estes depósitos destaca-se as mineralizações de ouro de Crixás em Goiás (Figura 2.3). O *greenstone belt* de Crixás aloca as principais mineralizações de ouro da região, sendo elas caracterizadas por Jost & Fortes (2010) de acordo com os principais controles estruturais que as regem, como as falhas de empurrão e transcorrente.

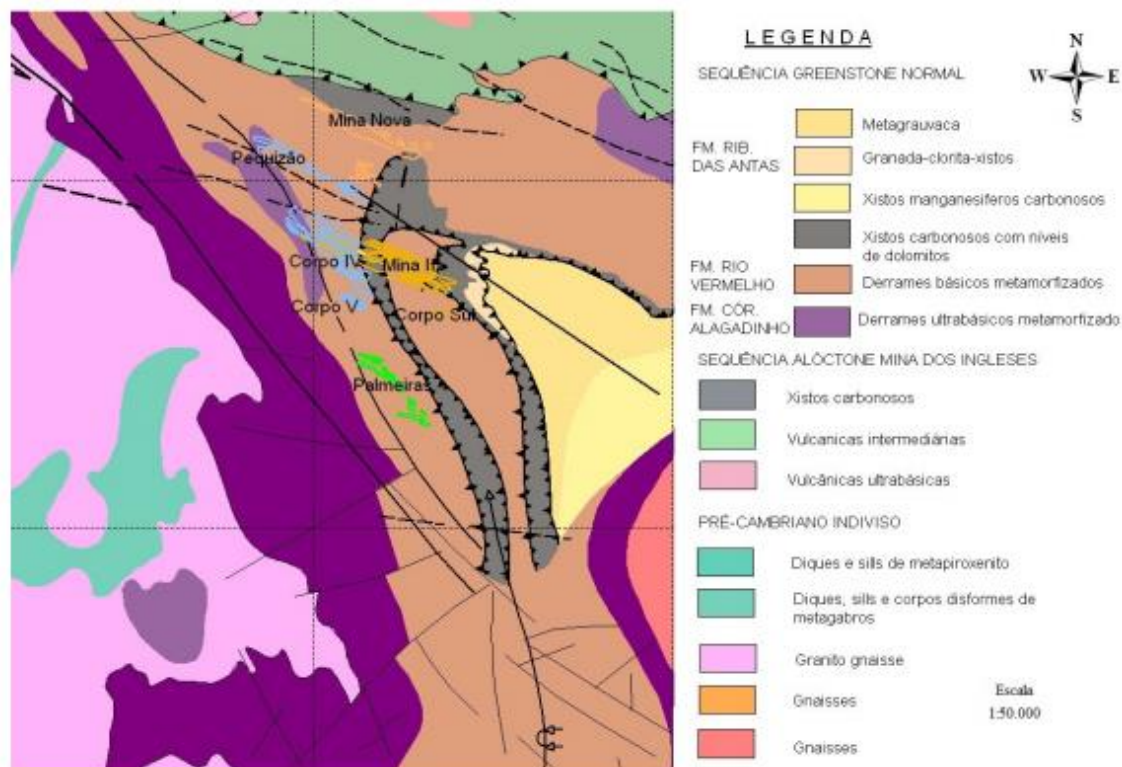


Figura 2.3 - Localização dos corpos de minério sobre a geologia do *greenstone belt* de Crixás (modificado da Serra Grande) Sobiesiak (2011).

2.4 PEQUIZÃO

Segundo Sobiesiak (2011), o corpo Pequizão, localizado a 2km a sudoeste do município de Crixás, compõe-se preferencialmente por duas litologias: Xisto carbonoso (GXN) e meta vulcânicas ácidas (MVA), sendo ele delimitado por duas zonas de estéril, onde o topo consiste de quartzo-clorita-sericita-granada xisto (GNCX), seguido por dolomitos impuros (Dol) e a base é marcada por xistos carbonosos com presença de zonas de enxames de vênulas e veios de quartzo (VQZ), seguido por dolomitos e xistos carbonosos. A nomenclatura das rochas segue o padrão adotado pela empresa de mineração de onde as amostras foram coletadas.

Marca-se nesse corpo, uma mineralização do tipo minério disseminado (Jost & Fortes 2001), estrutura a qual apresenta grandes quantidades de cristais de arsenopirita e uma zona de deformação rúptil.

CAPÍTULO 3

ORE SORTING

3.1 HISTÓRICO

A separação de minério vem sendo usada no processamento de minerais desde a idade da pedra, quando homens das cavernas confeccionavam instrumentos rudimentares de rochas pré-selecionadas. Inicialmente, o princípio de separação de minério era feito de maneira manual, aplicado na mineração como catação ou “*handsorting*” que significa exatamente “separação à mão” (Barry & Wills 2013). Até mesmo os minérios mais complexos e de alta qualidade costumavam ser assim tratados, classificados em seis categorias diferentes, baseadas na mineralogia de cada um.

Ao fim do século XIX, 16 classes podiam ser observadas, com produtos sendo:

- Calcopirita (maciça)
- Calcopirita mista com pirita (predominância de calcopirita)
- Calcopirita mista com pirita (predominância de pirita)
- Pirita (maciça)

Taggart (1945), descreveu inúmeras operações de triagem manual do princípio do século 349, mas como os teores de minério e granulação foram diminuindo e a quantidade de material aumentando, o *Handsorting* perdeu sua importância frente a necessidade de agilidade nos tratamentos.

Assim, novas tecnologias foram surgindo e esses trabalhos foram substituídos por equipamentos mais sofisticados como o *Ore Sorting TOMRA*, a base de sensores laser/XRT (Reple, 2017), deixando o *Handsorting* como um processo impraticável, lento e caro.

Máquinas de classificação totalmente automatizadas são avanços modernos, porém sistemas de triagem que apresentam pelo menos algum grau de automação já vem sendo usados durante a maior parte do século, principalmente no setor alimentício (Salter & Wyatt 1991).

3.2 INTRODUÇÃO

O *Ore Sorting* trata-se de um processo de concentração mineral, onde partículas individuais de minério são separadas do montante do rejeito, baseado em propriedades físicas ou químicas. Esse

método, fundamentado em sensores, é a automatização do processo de separação manual utilizado por muitos anos na mineração e em outras vertentes (Dumont & Lemos 2017).

Normalmente a indústria mineira tende a não levar em consideração as particularidades do minério e teores ao longo do desenvolvimento da mina, e assim a usina é planejada para um minério típico, numa fase muito inicial do projeto. A diluição requer um aumento do teor de corte da mina e gera a diminuição do aproveitamento dos recursos minerais. Parte do minério é classificada diretamente como estéril, como consequência de práticas ruins de amostragem e erros de estimativa, levando a perdas.

O *Ore Sorting* pode ser utilizado para pré-concentração de minério, bem como para rejeição de resíduos, concentração de produto e diversificação de tipos de minério. Sua aplicabilidade abrange metais preciosos, metais de base, diamantes, carvão, meta ferruginosos, cobre, platina, ouro, gemas, minerais industriais (calcita, quartzo, feldspato, talco, dolomita, calcário...) dentre outros (Merlyn Consulting 2016).

Historicamente, existe uma grande aversão do mercado para esse tipo de tecnologia (Merlyn Consulting 2016), primeiro devido a fracas taxas de rendimento causadas pelo baixo poder de processamento de computadores, por equívocos de leitura dessa tecnologia em ambiente de mineração e principalmente devido a aversão de algumas mineradoras á tecnologias que não se enquadrem como “testadas e tradicionais”.

Segundo Strauss (2016), todo corpo de minério é único, portanto, o estilo de mineralização, a mineralogia e o grau de liberação do minério são imprevisíveis, fazendo com que nem todo minério seja susceptível ao processo de separação do *Ore Sorting*.

3.2.1 Princípios para separação

As principais propriedades detectadas para a separação dos grãos no método *Ore Sorting* são variações de fases físicas e químicas, como coloração da partícula, número atômico, susceptibilidade magnética, difração laser, densidade, transparência, quantidade de inclusões, porcentagem de quartzo e etc. (Merlyn Consulting 2016).

As limitações do *Ore Sorting*, (TOMRA) associam-se a granulação das partículas, onde o rendimento diminui com o tamanho do grão. Dez milímetros é tipicamente o limite inferior para um bom rendimento econômico e o limite superior é determinado pelo nível de coesão e diluição da rocha.

3.2.2 Sensores

Segundo Strauss (2016), a classificação automatizada é composta por sensores ópticos (ultravioleta, infravermelho próximo e espectro visível), infravermelho (NIR) e transmissores de raios-x (XRT) que podem ser pareados com sensores de condutividade elétrica e sensibilidade magnética, para controlar a separação mecânica do minério em duas ou mais categorias. O método de identificação de partes específicas da amostra depende do tipo de sensor utilizado, de acordo com o quadro 3.1:

Quadro 3.1 - Sensores disponíveis para o *Ore Sorting* e suas características quanto a propriedade material detectada - adaptado de (Merlyn Consulting 2016).

	Propriedade material detectada
TRANSMISSÃO DE RAIOS-X (XRT)	Densidade atômica específica, independente da granulação, umidade ou poluição
SENSOR ELETROMAGNÉTICO (EM)	Propriedades eletromagnéticas como condutividade e permeabilidade
RADIOMETRICO	Radiação gama natural
FLUORESCENCIA DE RAIOS-X (XRF)	Composição elementar
ESPECTOMETRIA DE LUZ VISÍVEL (VIS)	Espectro visível para materiais transparentes e opacos
CAMERA DE COR (COLOR)	Propriedades da cor, nas áreas de cor vermelha, verde e azul
CAMERA IR (IR); TRANSMISSÃO (IRT)	Condutividade e dissipação térmica; Absorção de luz
ESPECTOMETRIA DE INFRA-VERMELHO PRÓXIMO (NIR)	Propriedades únicas e específicas de espectros de luz refletida no espectro do infravermelho próximo.
REFLEXÃO/FLUORESCENCIA/ESPALHAMENTO LASER	Reflexão/absorção monocromática

3.2.3 Classificação do material

Para a classificação do material, diferenças distintas nas propriedades físicas das amostras precisam ser detectáveis pelo *Ore Sorting*, tal como contraste, resolução, densidade e etc. Além disso, variações da liberação, possibilitam a separação física do material, como diluição da mineração e tipo de minério (Merlyn Consulting 2016).

O sensor óptico, considerado a tecnologia de triagem mais popular pela indústria mineral, utiliza das diferentes cores da superfície da pedra (seca ou molhada). Cada partícula é fotografada e a imagem é processada e classificada de acordo com a calibração das cores (Figura 3.1). Para tanto, é necessário que haja uma iluminação estável e de alta qualidade.

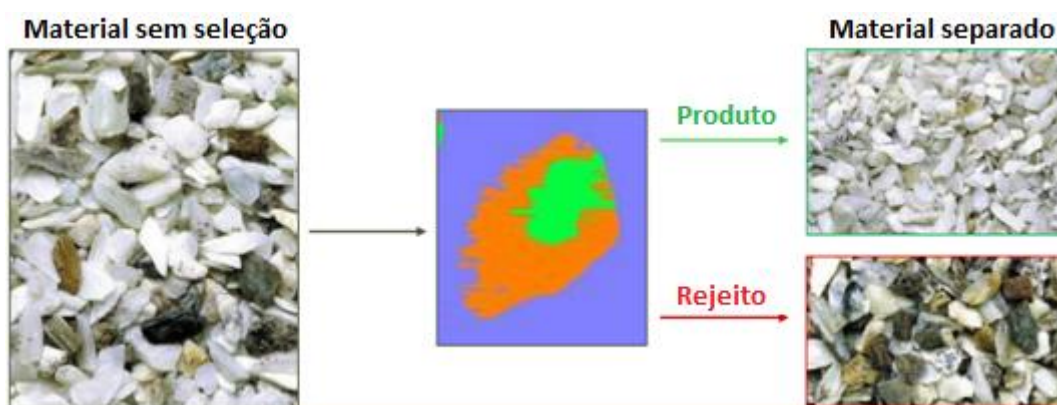


Figura 3.1 - Análise de amostras, considerando a cor e a porcentagem mínima de sulfeto necessária para que haja a separação entre produto e rejeito (Merlyn Consulting 2016).

Para o *Ore Sorting* que envolve raio laser, a separação é baseada na penetração da luz desse, de acordo com a estrutura do material (Figura 3.2). A depender da sua composição, um efeito de espalhamento ou um brilho contido faz-se presente.

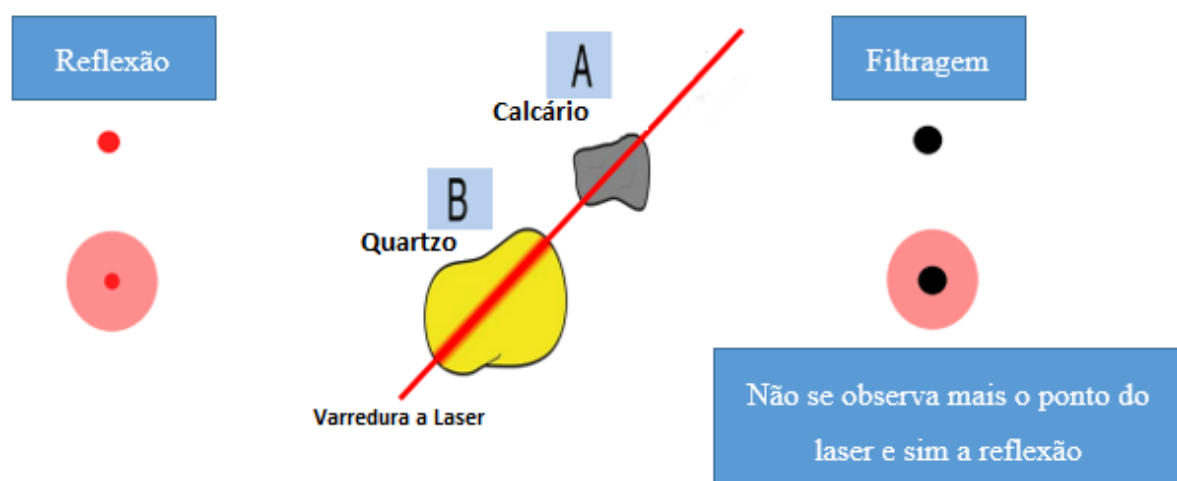


Figura 3.2 - Diferentes matérias produzem diferentes respostas ao raio laser (Merlyn Consulting 2016).

Na figura 3.3, há duas amostras apresentando praticamente a mesma cor. A olho nú, não existe uma grande diferença entre elas, porém ao utilizar o laser observa-se que o classificador recebe um sinal muito maior do efeito de dispersão dentro da amostra de quartzo. Esse fenômeno é de grande importância para o *Ore Sorting*, já que o quartzo é um grande indicador de ouro.



Figura 3.3 - Efeito do espalhamento do raio laser em materiais diferentes, auxiliando na determinação da composição das amostras (Merlyn Consulting 2016).

Já a tecnologia XRT, que faz uso do raios-x, há a medição do nível de energia dos raios, logo após passarem através da amostra (Figura 3.4). Esse nível de atenuação medido é diretamente proporcional a densidade e espessura da rocha.

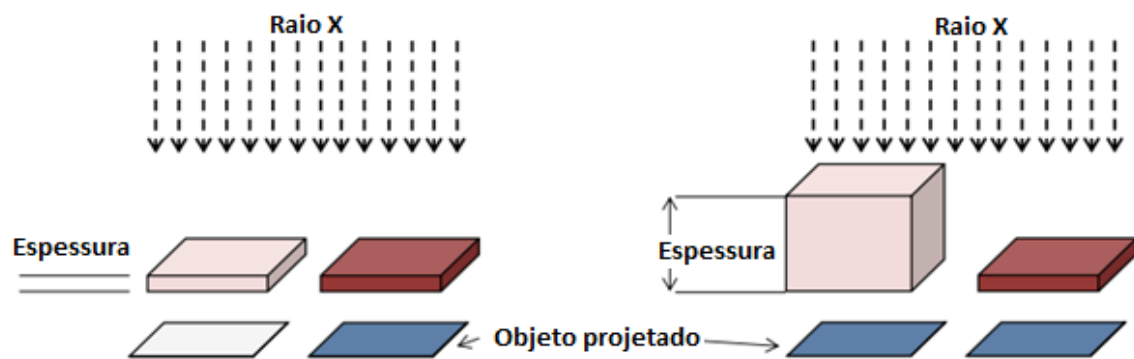


Figura 3.4 - Duas amostras de matérias diferentes podem apresentar a mesma projeção (Merlyn Consulting 2016).

Cada pixel é classificado de acordo com sua densidade atômica. A classificação acontece de acordo com valores de referência de densidade, os quais são usados para a calibração do sistema, como visto nas figuras 3.5 e 3.6.

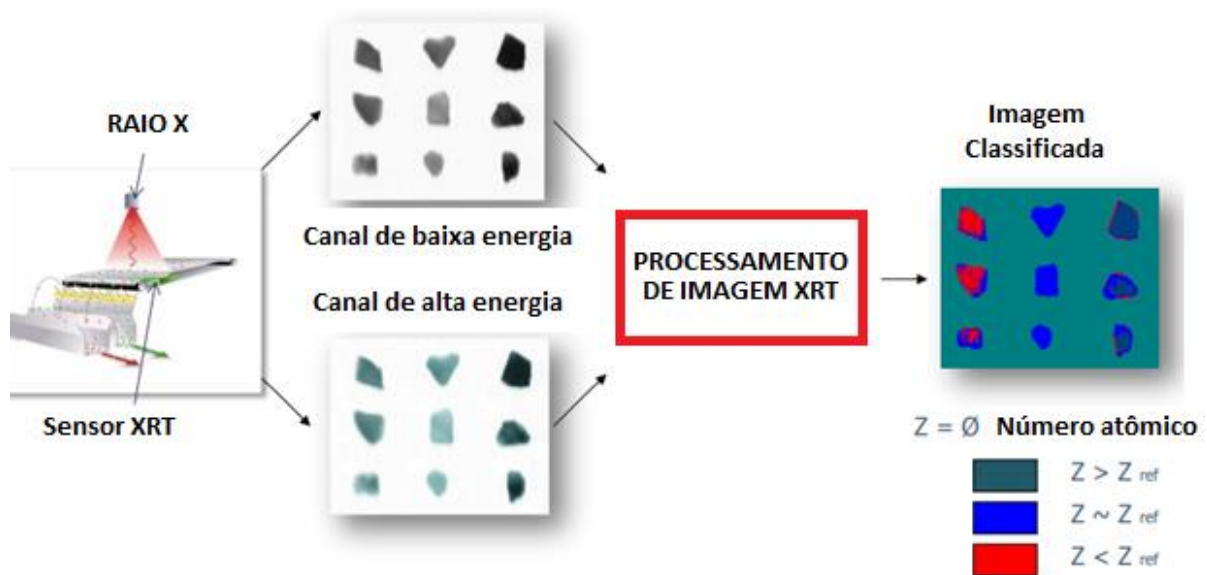


Figura 3.5 - Transformação das imagens da classificação por densidade, para a classificação de pixel de acordo com a densidade atômica (Merlyn Consulting 2016).

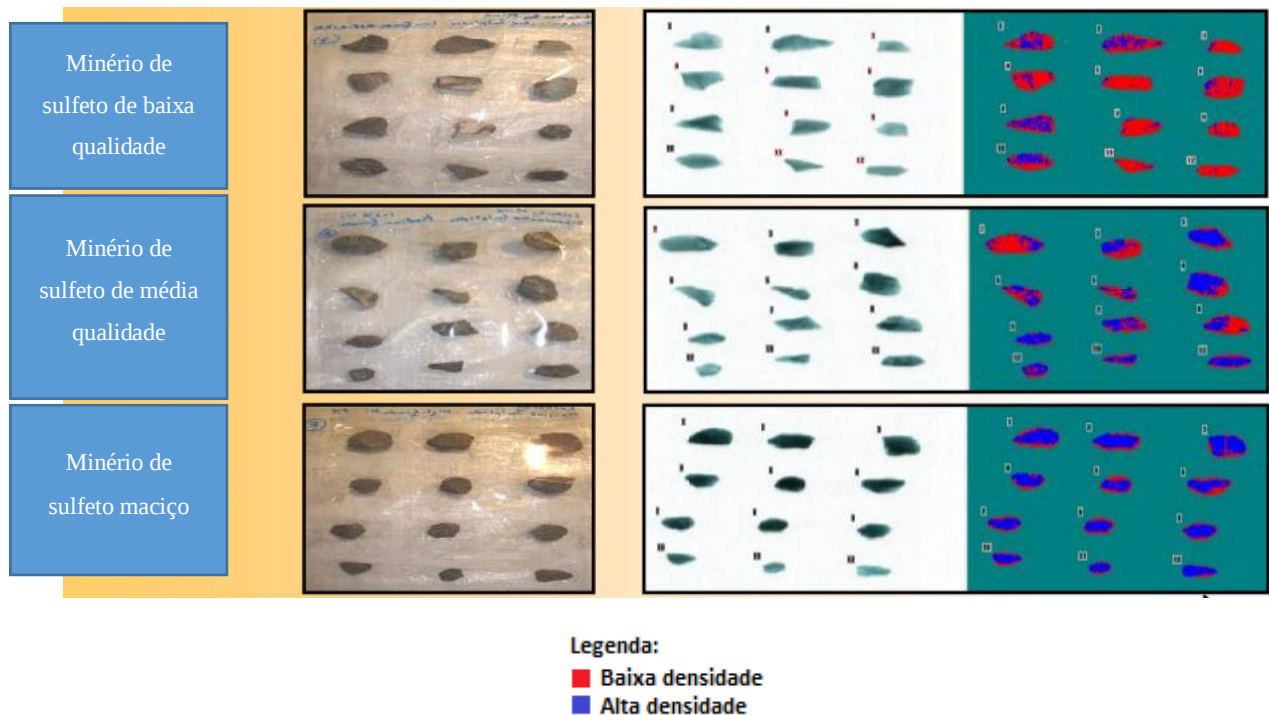


Figura 3.6 - Classificação de acordo com a diferença de densidade das amostras (Merlyn Consulting 2016).

3.2.4 Desenvolvimento

As plantas de *Ore Sorting* são desenvolvidas, naturalmente, de maneira a seguir os três mesmos princípios: apresentação do material, coleta de dados através de sensores e separação. O material é exposto para os sensores como uma monocamada de partículas livres. Cada partícula é analisada por diferentes tipos de sensor e a decisão de aceitá-las ou rejeitá-las, (como minério ou estéril) é feita em 30 milissegundos. Em seguida, é feita a separação física das partículas, de maneira a alterar a trajetória das partículas com jatos de ar precisos, formando-se duas pilhas: produto (minério) e rejeito (estéril) (Figura 3.7). Os equipamentos disponíveis possuem uma restrição de capacidade de até 300t/h (OUTOTEC 2017).

Esse tipo de classificação e separação é extremamente importante para a vida útil da mina, pois permite a remoção de resíduos sub-econômicos em um estágio muito inicial do processo.

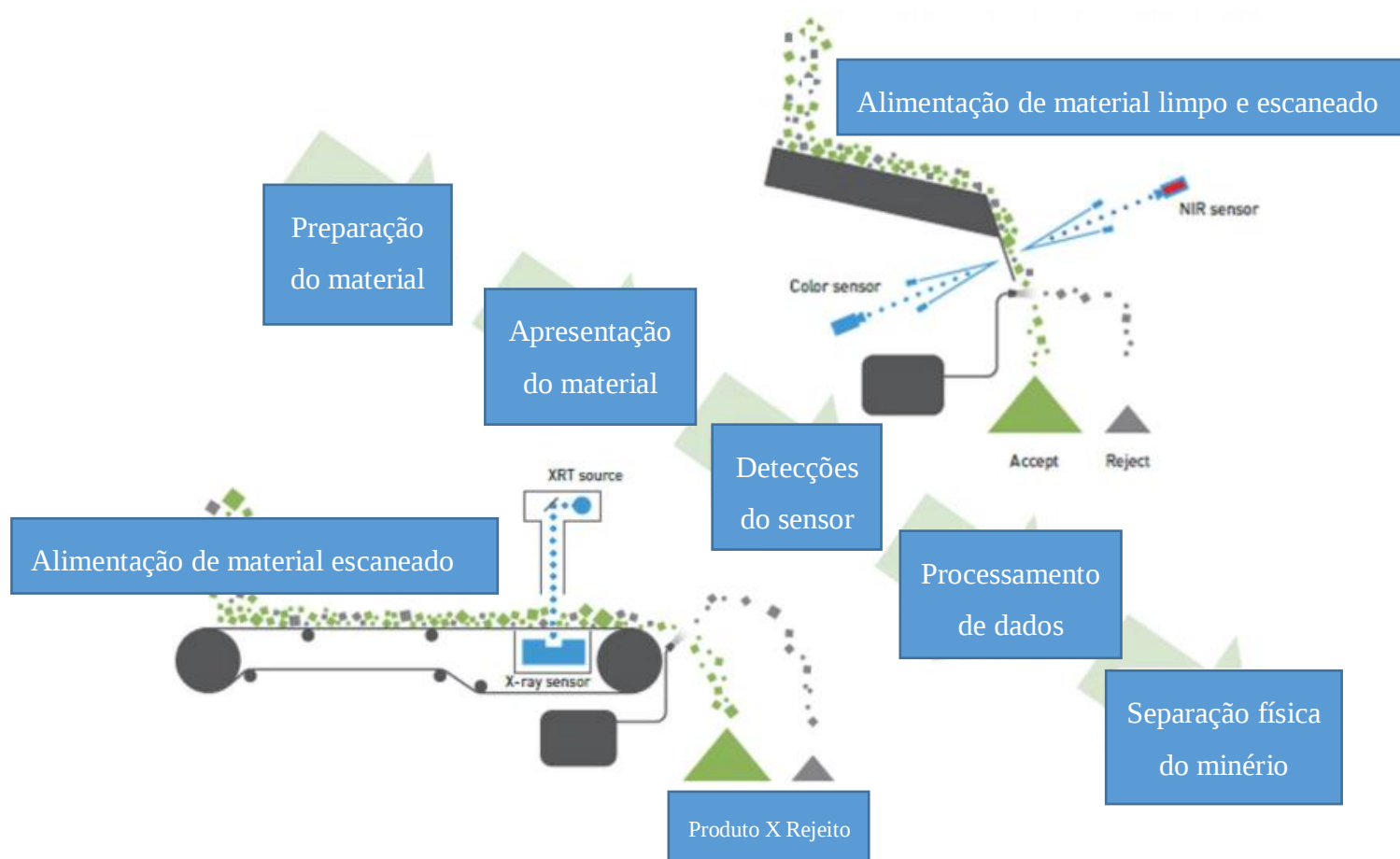


Figura 3.7 - Os princípios da classificação de minério numa operação de *Ore Sorting* baseada em sensores (OUTOTEC2017).

3.2.5 Bulk Test

Esse teste é de extrema importância no desenvolvimento da metodologia *Ore Sorting*, por ser um teste em massa onde valida-se a configuração dos parâmetros dos programas selecionados, ou seja, identifica a configuração operacional otimizada na planta metalúrgica. Nesse estágio existe o ajuste fino, que é feito para adequar a sensibilidade da separação das amostras e definir as zonas de produto e rejeito. Esta etapa fornece o balanço de massa e os graus a serem alcançados no processo, onde através deles as classificações errôneas nos produtos são analisadas, auxiliando na identificação de possíveis ajustes (Dumont & Lemos 2017).

3.2.6 Resultados Esperados

A seletividade da lavra diminui a diluição na alimentação da usina, provinda do aumento de massa devido a adição de estéril no minério. Perdas de minério ocorrem quando o minério é erroneamente classificado como estéril, sendo assim, não processado e consequentemente gerando perda de rentabilidade. Como resultado das separações feitas pelo *Ore Sorting*, tem-se a formação de pilhas de minério, referente a diferentes níveis ou corpos da mina, com teor acima do teor de corte escolhido. Uma pré-concentração bem-sucedida, amplifica o teor médio de alimentação da planta geometalúrgica e diminui a massa de material processado por unidade de produto final.

CAPITULO 4

BANCO DE DADOS

O banco de dados de análises químicas é resultado de processos de investigação do laboratório químico pertencente a mineradora de ouro em questão, onde o foco principal é caracterizar as diferentes litologias encontradas na pilha de rejeito da mina e a quantidade de Au e S presente nessas amostras. Essa caracterização é importante para que haja uma quantificação desses elementos no rejeito, procurando identificar onde, como, e associado a quais minerais, ocorrem as perdas de minério. A base de dados utilizada na presente monografia, faz menção as amostras provindas da pilha de rejeito da mina onde se é lavrado o corpo Pequizão. A metodologia para a aquisição desses dados deu-se da seguinte maneira: as amostras foram coletadas manualmente no corpo Pequizão e levadas para o galpão de separação, onde executou-se o *Handsorting*, baseado nas características macroscópicas das amostras, tais como mineralogia e coloração, agrupando-as por litologia. Em seguida, foram transportadas para o laboratório de processos químicos, onde o foco é em análise química e mineralógica de minerais e rochas, utilizando técnicas de Difração de Raios X (DRX) e Espectroscopia de Fluorescência de Raios X (FRX) para Au e S. Cada grupo foi então pesado e prensado ou pulverizado, de acordo com o tipo de material e granulação. Através do DRX foi possível desenvolver a identificação mineral utilizando a caracterização da estrutura cristalina do mineral - cada estrutura cristalina produz um padrão de difração único e para a interpretação dos resultados, compara-se os padrões produzidos com os padrões de estruturas já conhecidas e previamente analisadas - e a análise FRX – baseia-se na medição das intensidades dos raios-X característicos emitidos pelos elementos que constituem a amostra quando excitada por partículas como elétrons, prótons ou íons (Melo Júnior 2007) - identificou a composição química das amostras (análise qualitativa) e estabeleceu a proporção em que cada elemento se encontra presente. Os dados gerados foram compilados e compõem o banco de dados para as amostras do presente estudo (Anexo).

4.1 Análises Químicas

O processo de análise qualitativa das amostras, buscou identificar os elementos de interesse da mineradora (Au e S), por Difração de Raios X (DRX) e Espectroscopia de Fluorescência de Raios X (FRX). Com base nessa premissa, foi desenvolvido um banco de dados, contendo dados gerais das amostras analisadas, tais como litologia, granulação, massa total - em quilogramas – e teor de Au e S encontrados em cada alíquota - em g/ton (Anexo). A partir do banco de dados, gerou-se um gráfico agrupando todos os litotipos, para a caracterização mineralógica das amostras deste estudo (Figura 4.1)

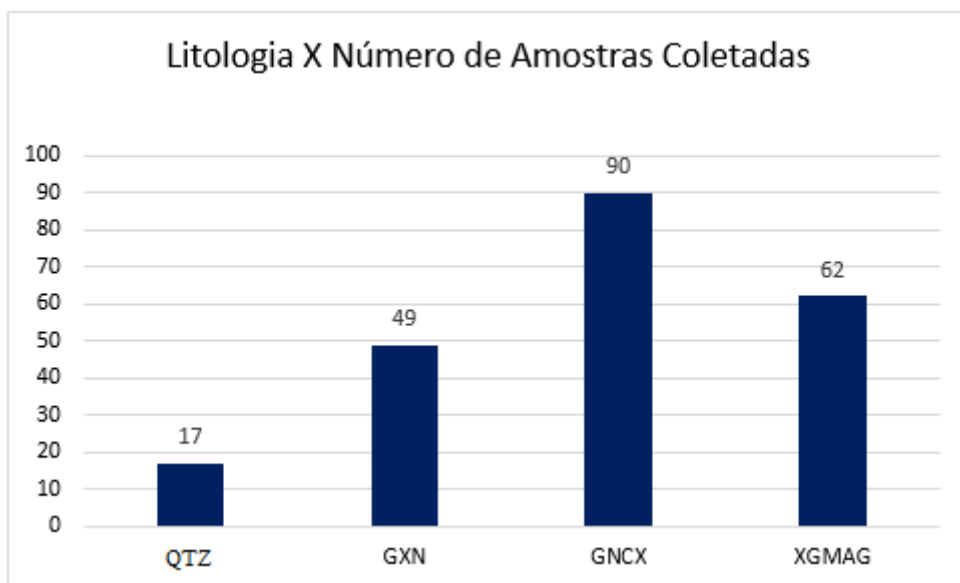


Figura 4.1 Litologias analisadas por quantidade de amostras coletadas para análise.

4.1.1 Difratometria de Raio X

A análise por Difração de Raios X (DRX) permite a identificação mineral através da caracterização de sua estrutura cristalina. A difratometria de raios x é uma técnica que consiste em incidir uma radiação em uma determinada amostra e detectar o feixe de fótons, considerando um material cristalino, com átomos ordenados e periodicamente arranjados no espaço. Os planos de difração e suas respectivas distâncias interplanares, bem como as densidades de átomos (elétrons) ao longo de cada plano cristalino, são características específicas e únicas de cada substância cristalina, da mesma forma que o padrão difratométrico por ela gerado, portanto dentre as vantagens da técnica de difração de raios X para a caracterização de fases, destacam-se a possibilidade de análise de materiais compostos por uma mistura de fases e uma análise quantitativa destas fases. A simplicidade e rapidez do método e a confiabilidade dos resultados obtidos, tornam o método popular (Albers *et al* 2002).

Segundo, Kahn (2000), um banco de dados contendo informações cristalográficas básicas e algumas propriedades físicas de compostos cristalinos é mantido e continuamente atualizada pelo ICDD, International Center for Diffraction Data. Atualmente, são disponíveis informações referentes a mais de 70.000 compostos cristalinos, sendo que as mais importantes, para fins de identificação de um composto cristalino, são as distâncias interplanares e as intensidades difratadas normalizadas (relativas a 100%) para os vários planos (hkl) que difratam construtivamente os raios X. Várias estratégias de

identificação podem ser empregadas, sendo que a dificuldade de identificação aumenta com a elevação do número de fases cristalinas presentes na amostra estudada.

4.1.2 Espectroscopia de Fluorescência de Raios X

A análise por Fluorescência de Raios X (FRX) permite identificar os materiais componentes de um objeto, através da determinação da sua composição química (análise qualitativa), assim como estabelecer a proporção em que cada elemento se encontra presente na amostra.

Segundo Jenkins (1999), essa é uma das técnicas analíticas mais utilizadas em geoquímica, onde as aplicações principais são as determinações de elementos maiores, menores e traços em rochas, solos e sedimentos. A indústria mineral, tanto de exploração como de beneficiamento também utiliza amplamente a fluorescência de raios X, especialmente para fins de controle de processo, e ela também pode ser útil na análise de amostras mineralizadas, para determinar elementos em concentração anômala, como As, Sb, Bi, Ta, W. Os resultados da XRF sempre são de concentrações elementares totais. Os princípios físicos da fluorescência X são simples e bem conhecidos (Jenkins *et al*, 1999): é possível induzir transições eletrônicas entre os orbitais mais internos dos átomos utilizando radiações eletromagnéticas de energia adequada (raios X e raios gama). Essas transições podem resultar na emissão de radiações X de energia característica que permitem a identificação da espécie atômica envolvida na transição e a mensuração da sua abundância. Mais especificamente, neste processo a energia da radiação de fluorescência identifica o elemento, enquanto sua intensidade permite que seja medida sua concentração na amostra analisada mediante uma prévia calibragem.

Pode-se dizer que a FRX hoje está bem disseminada na comunidade científica, por sua habilidade em determinar elementos químicos, geralmente de forma rápida, sem destruir a matriz, com baixo custo operacional e sem preparo da amostra.

CAPÍTULO 5

PETROGRAFIA E ANÁLISE QUÍMICA

O material analisado foi parte da pilha de rejeito da mina onde se encontra o corpo Pequizão. São amostras que não alcançaram o teor de corte mínimo para serem consideradas minério e contribuem para a diluição na alimentação.

Após coletadas, em prol do controle geológico da mina, realizou-se um *handsorting* das amostras - que implica na separação manual de cada rocha de acordo com suas características visuais macroscópicas - em busca de algum padrão mineralógico e, de acordo com esse parâmetro, separou-as em quatro grupos litológicos, de acordo com a nomenclatura utilizada pela empresa, sendo: “GXN” (Biotita Xisto), “GNCX” (Clorita Xisto), “XGMAG” (Xisto + Minerais Magnéticos) e “QTZ” (Quartzitos). Essa mesma nomenclatura é utilizada na planilha de análises químicas fornecida pela mineradora (Anexo) onde existe a correlação dessas litologias, com a quantidade de ouro (em g/ton), em potencial para ser recuperado. Esses quatro grandes grupos servem como base para representar diversas amostras que seguem um mesmo padrão litológico, variando minimamente a composição mineral. Desse material, foram feitas 5 lâminas delgadas polidas para confirmação da separação manual, sendo pelo menos uma lâmina por grupo. As amostras foram descritas macro e microscopicamente, respectivamente, de acordo com a coloração, minerais identificados em ordem de abundância, textura e também, minerais essenciais, acessórios e processos de alteração.

5.1.1 Lâmina B1 – GNCX: Clorita-Biotita-Quartzo-Granada Xisto

Descrição Macroscópica: Rocha foliada, de granulação fina a média, coloração preta/esverdeada, com presença de porfiroblastos de granada (10%) oxidada (Figura 5.1 e 5.2), apresentando textura granolepidoblástica e presença de crenulação.

Descrição Microscópica: Rocha de granulação fina á media, xistosidade bem definida, marcada por bandas de clorita (35%) e biotita (25%) e presença de grãos de quartzo (25%). Apresenta textura lepdogranoblástica. A clorita aparece tanto como mineral principal, quanto em meio as bandas de biotita, inclusive, como alteração dela. O quartzo aparece agrupado, em grãos anédricos, formando agregados em arranjo granoblástico, com contatos interlobados e suturados, e apresenta extinção ondulante. A biotita aparece em palhetas médias com forte orientação planar e pleocroísmo de verde-musgo para amarelo pálido, concentradas em meio a clorita. Os opacos aparecem como minerais acessórios, sendo eles magnetita e rutilo, alinhados

a xistosidade da rocha, pirrotita, calcopirita (Figura 5.3) e observou-se um grão de pirita. O rutilo apresenta forte reflexão interna.

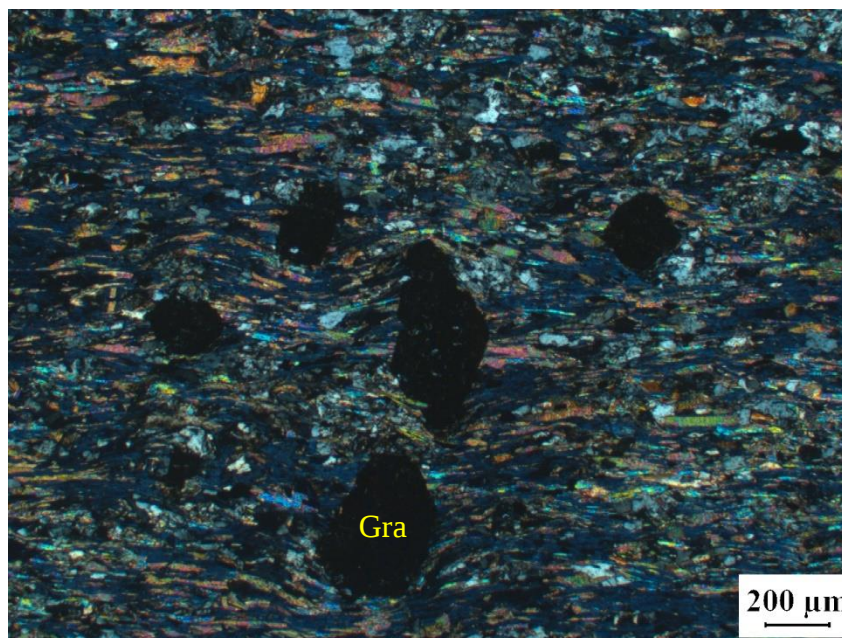


Figura 5.1 Fotomicrografia da amostra B1 em lâmina delgada polida, utilizando Luz Polarizada Cruzada (LPC), com foco nos porfiroblastos de granada (Gra)

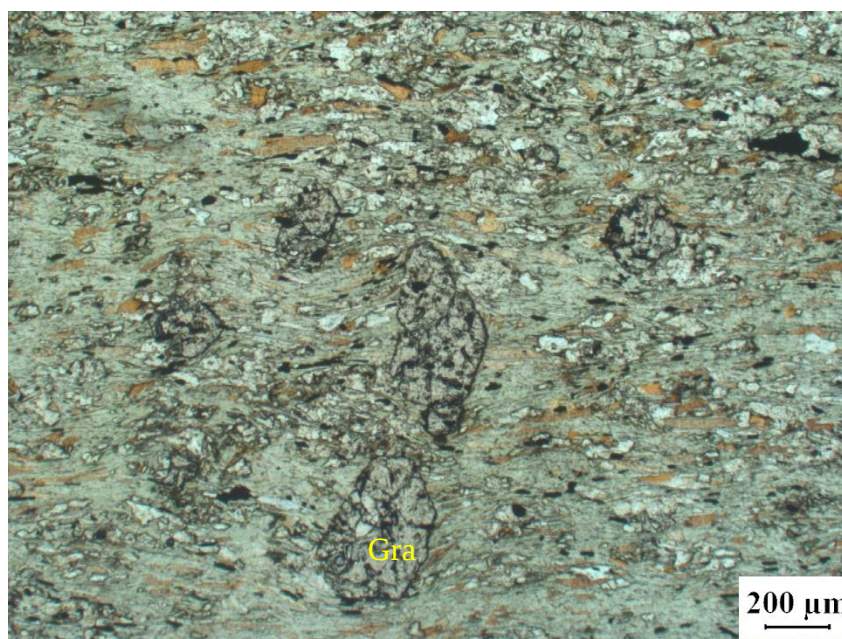


Figura 5.2 Fotomicrografia da amostra B1 em lâmina delgada polida, utilizando Luz Plano Polarizada (LPP), com foco nos pórfiros de granada (Gra).

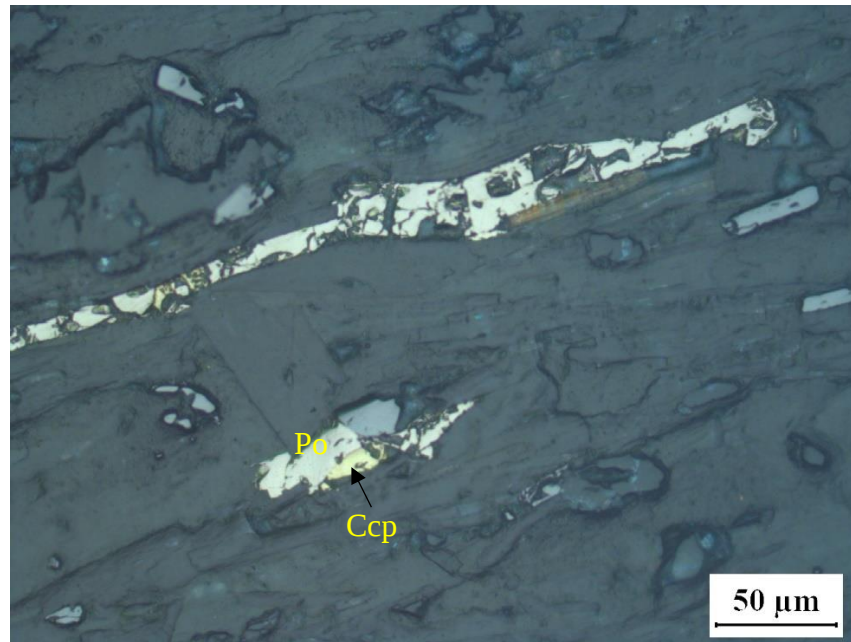


Figura 5.3 Fotomicrografia da amostra B1 em lâmina delgada polida Luz Refletida (LR) onde vê-se calcopirita (Ccp) e pirrotita (Po).

5.2 Lâmina B2 – XGMAG: Quartzo-Biotita-Carbonato Xisto

Descrição Macroscópica: Rocha de granulação média a grossa, coloração cinza e textura granolepidoblástica.

Descrição Microscópica: Rocha de granulação média a grossa, apresentando textura granolepidoblástica, marcada pela presença de veios de carbonato (20%) em meio ao quartzo (40%). Apresenta predominância de quartzo, com presença de veios de carbonato (Figura 5.4). A biotita (30%) aparece em meio as bandas de calcita com forte orientação planar, seguindo a xistosidade e apresentando pleocroísmo de verde-musgo para amarelo pálido. Os minerais opacos são pirrotita, que aparece como cristais finos e anedricos, calcopirita, magnetita e rutilo associado (Figura 5.5). Observou-se também, partes da lâmina com grande oxidação.

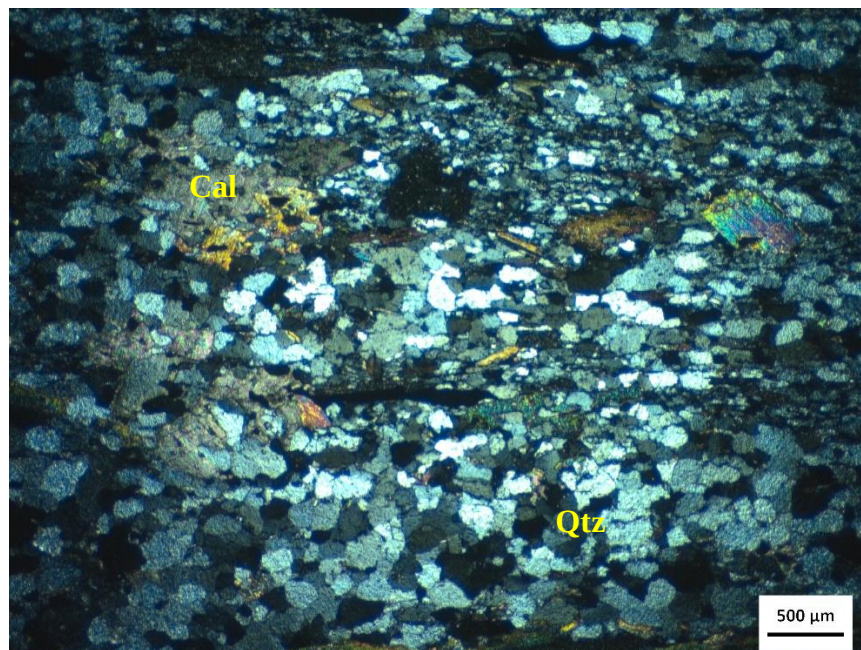


Figura 5.4 Fotomicrografia da amostra B2 em lâmina delgada polida, utilizando Luz Luz Polarizada Cruzada (LPC), onde vê-se quartzo (Qtz) e carbonato (Cal).

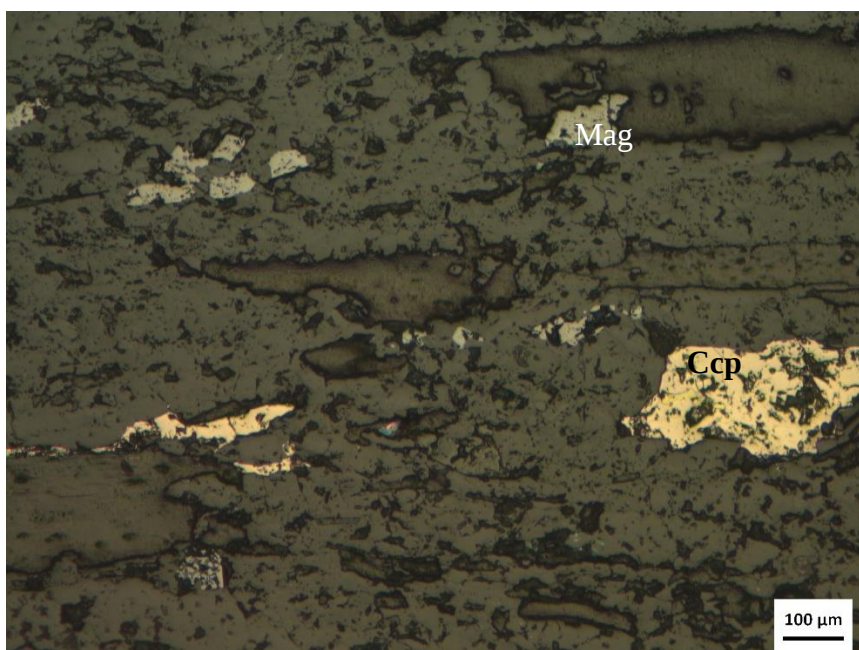


Figura 5.5 Fotomicrografia da amostra B2 em lâmina delgada polida Luz Refletida (LR), onde vê-se calcopirita (Ccp) e magnetita (Mag)

5.3 Lâmina B3 – QTZ: Quartzito

Descrição Macroscópica: Rocha de granulação média, coloração cinza escura, com predominância de quartzo, presença de veios de carbonato (10%) e biotita. Textura granolepidoblástica.

Descrição Microscópica: Rocha de granulação média, marcada pela predominância de quartzo (80%), com textura granolepidoblástica. A biotita (5%) constitui pequenos veios em meio à matriz quartzosa (Figura 5.6), com forte orientação planar e pleocroísmo de verde-musgo para amarelo pálido. O quartzo forma agregados em arranjo granoblástico, com contatos interlobados e suturados, e apresenta textura de sub e novos grãos, bem como extinção ondulante. Os minerais opacos presentes são rutilo, com maior frequência, associado a magnetita, pirrotita e calcopirita como mineral acessório (Figura 5.7). Aparecem como grãos finos, em geral alinhados com o quartzo.

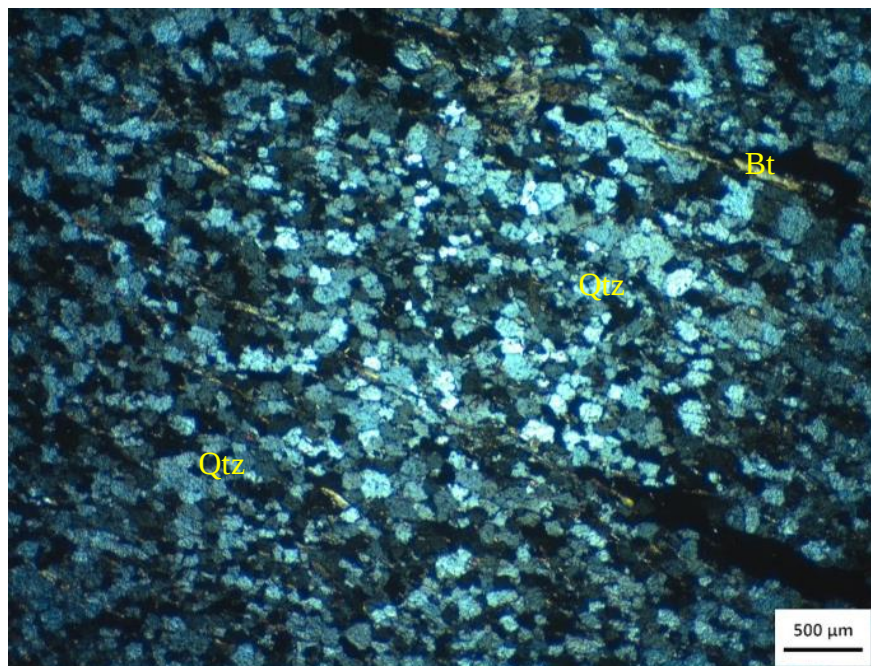


Figura 5.6 Fotomicrografia da amostra B3 em lâmina delgada polida, utilizando Luz -Polarizada Cruzada (LPC), onde vê-se quartzo (Qtz) e biotita (Bt).

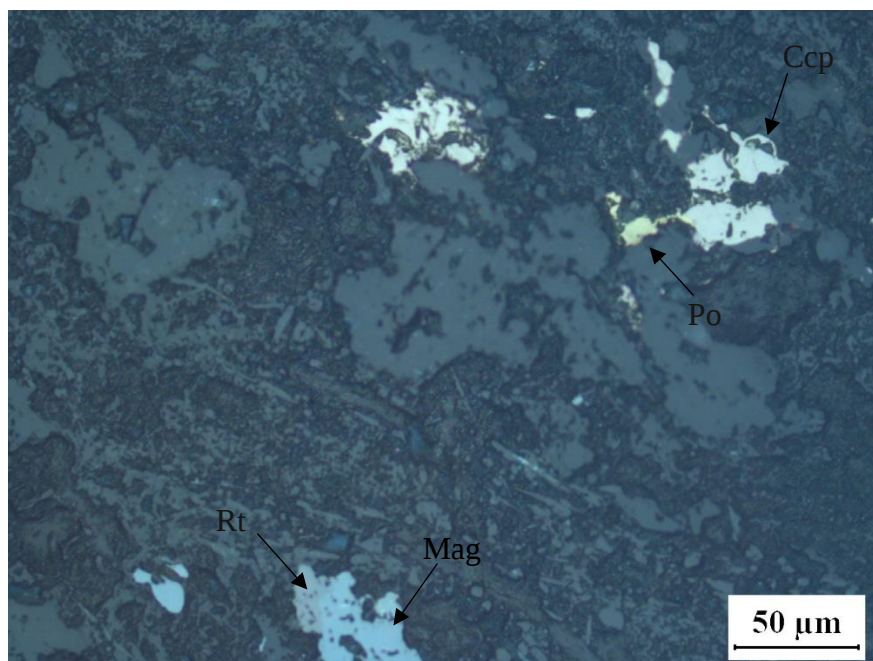


Figura 5.7 Fotomicrografia da amostra B3 em lâmina delgada polida Luz Refletida (LR), com foco na associação do rutilo (Rt) com a magnetita (Mag).

5.4 Lâmina B4 – QTZ: Quartzito

Descrição Macroscópica: Rocha de granulação fina, coloração cinza escura, com abundância de quartzo e presença de veios de carbonato e textura granoblástica.

Descrição Microscópica: Rocha de granulação fina, com textura granoblástica, marcada pela alternância de quartzo (80%) e veios carbonáticos (Figura 5.8). O carbonato (20%), aparece agrupado em meio ao quartzo, com forte pleocroísmo de relevo e presença de maclas polissintéticas. Os grãos de quartzo aparecem anédricos a subedricos, apresentam contato suturados e arredondados entre si, textura de sub grãos e extinção ondulante. Não foram identificados minerais opacos para essa amostra

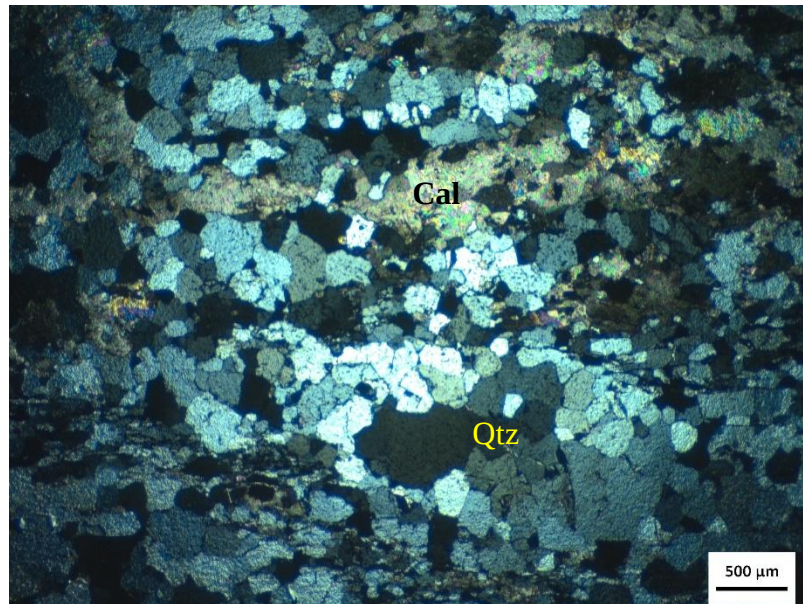


Figura 5.8 Fotocaracterização da amostra B4 em lâmina delgada polida, utilizando Luz Polarizada Cruzada (LPC), onde vê-se quartzo (Qtz) e carbonato (Cal).

5.5 Lâmina B5 – GXN: Biotita-Quartzo Xisto

Descrição Macroscópica: Rocha foliada, de granulação fina, coloração cinza escura/preta, apresentando textura lepidogranoblástica e veios de quartzo.

Descrição Microscópica: Rocha de granulação fina, textura lepidogranoblástica com xistosidade bem definida, marcada pela alternância de bandas de mica (65%), com veios de grãos de quartzo (15%). A matriz micácea é composta por palhetas médias e alongadas, com forte orientação planar. O quartzo aparece em arranjo granoblástico, com contatos interlobados e suturados, e apresenta extinção ondulante e sombra de pressão. Observa-se a presença de dobras milimétricas na biotita (Figura 5.9). Os opacos presentes são a calcopirita, magnetita e pirrotita, que apresenta uma borda de carbonato (10%), o que pode representar alteração hidrotermal (Figura 5.10).

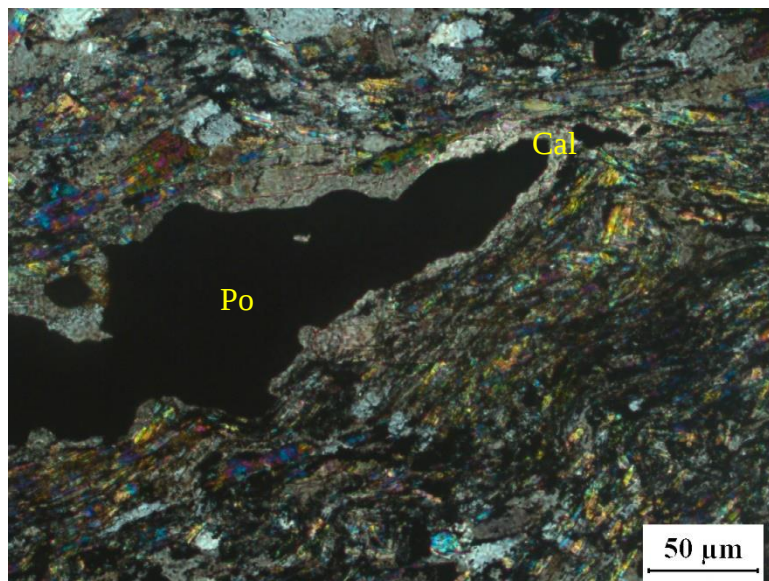


Figura 5.9 Fotomicrografia da amostra B5 em lâmina delgada polida, utilizando Luz Polarizada Cruzada (LPC), com foco na pirrotita (Po) bordeada por calcita (Cal).

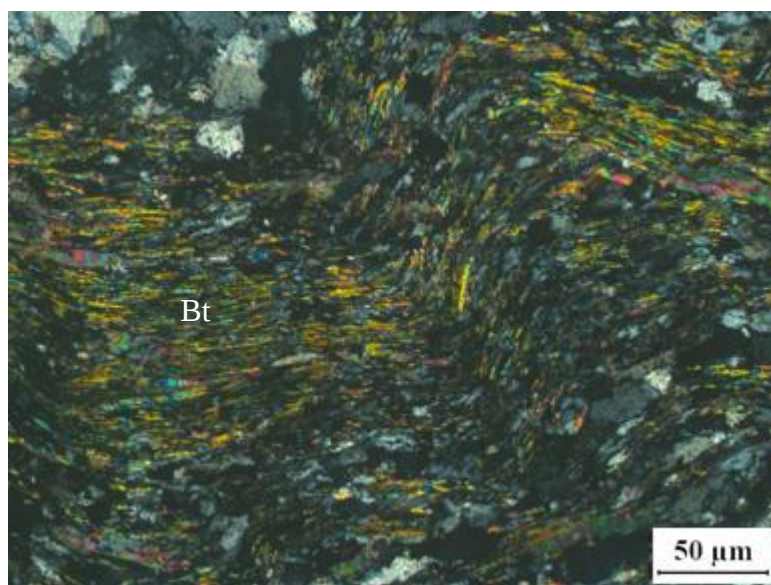


Figura 5.10 Fotomicrografia da amostra B5 em lâmina delgada polida, utilizando Luz Polarizada Cruzada (LPC), com foco nas dobras milimétricas na biotita (Bt).

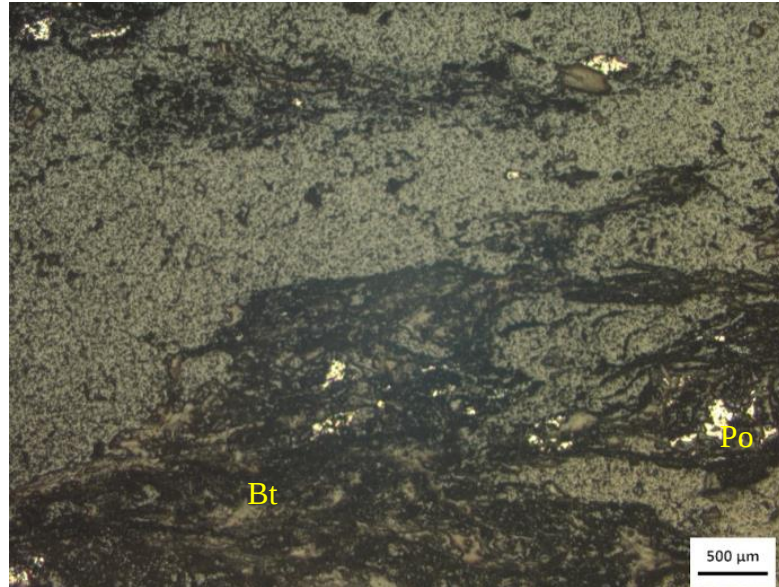


Figura 5.11 Fotomicrografia da amostra B5 em lâmina delgada polida Luz Refletida (LR), onde vê-se biotita (Bt) e pirrotita (Po)

CAPÍTULO 6

INTEGRAÇÃO QUÍMICA-GEOLÓGICA

A integração química-geológica trata da junção entre as informações quanto a associação mineral das amostras em lâmina delgada polida, e os dados de análise química das rochas, quanto a presença dos elementos Au e S, buscando possíveis interpretações quanto a calibração do *Ore Sorting*.

As análises do *Ore Sorting* acontecem segundo uma calibração estruturada para cada tipo de minério a ser estudado. Os parâmetros da calibração tratam de cor, densidade e inclusões de sulfeto e para o caso da mineradora em questão, os testes são conduzidos primeiramente por meio de um sensor de raio laser, focando na coloração das amostras, através de uma faixa de cor graduada entre 0 e 100, onde o valor mais alto representa as amostras mais escuras. Dessa primeira seleção são geradas duas pilhas de material, sendo uma nova pilha de rejeito absoluto e uma pilha de minério, caracterizada pela predominância de quartzo nas amostras. Para essa pilha de minério, faz-se uma segunda análise referente a densidade e inclusão de sulfetos, utilizando sensores de raio-X, onde serão gerados também duas novas pilhas, sendo elas de rejeito e minério absoluto, caracterizado pela predominância de quartzo e presença de sulfetos. Esses dois testes são conduzidos em conjunto para que durante a pré-concentração do minério, o método não fique restrito somente a um parâmetro e possa combinar informações para uma análise mais assertiva, assim o primeiro teste separa as rochas com predominância de quartzo e o segundo, as rochas com predominância de quartzo e presença de inclusões de sulfeto. Rochas com pouco quartzo são descartadas no primeiro e rochas com predominância de quartzo, mas sem presença de sulfetos, são descartadas no segundo teste.

Definiu-se a correlação entre a massa média de Au (g/ton) e S (%) fornecida no banco de dados (Anexo), com as diferentes litologias de cada grupo (Figura 6.1 – 6.4). É importante ressaltar que esses grupos são genéricos e se baseiam numa aproximação de padrão, de acordo com a moda, já que as amostras coletadas se mostraram extremamente heterogêneas, portanto, dentro de um mesmo grupo existem diversas litologias, se consideradas pequenas variações mineralógicas.

Esse tipo de análise visou identificar quais litologias são as possíveis fontes de ouro e quais seriam suas respostas aos sensores estudados (XRT e Raio Laser), de acordo com sua composição e cor, através do *Ore Sorting*.

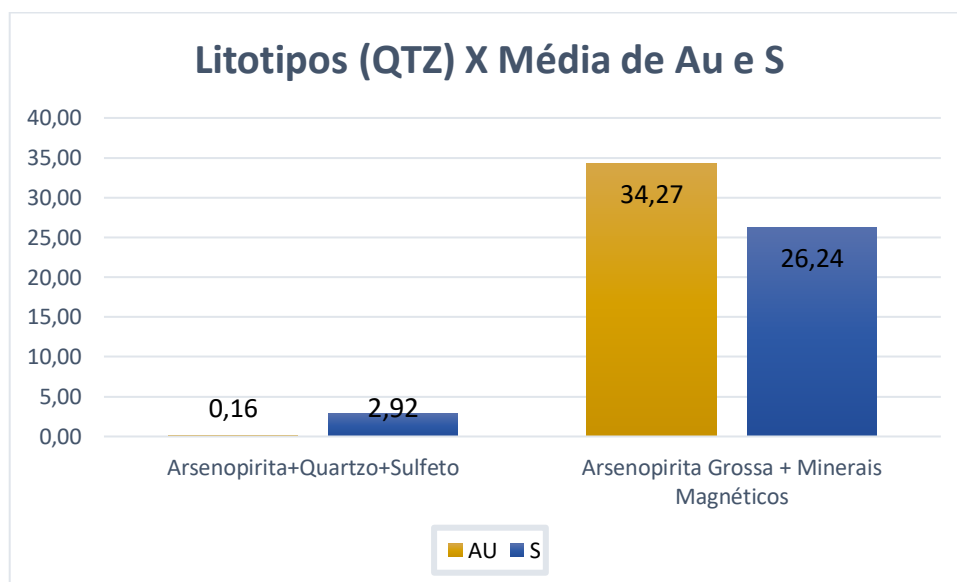


Figura 6.1 Média calculada para os teores de Au (g/ton) e S (%) para os litotipos do grupo QTZ

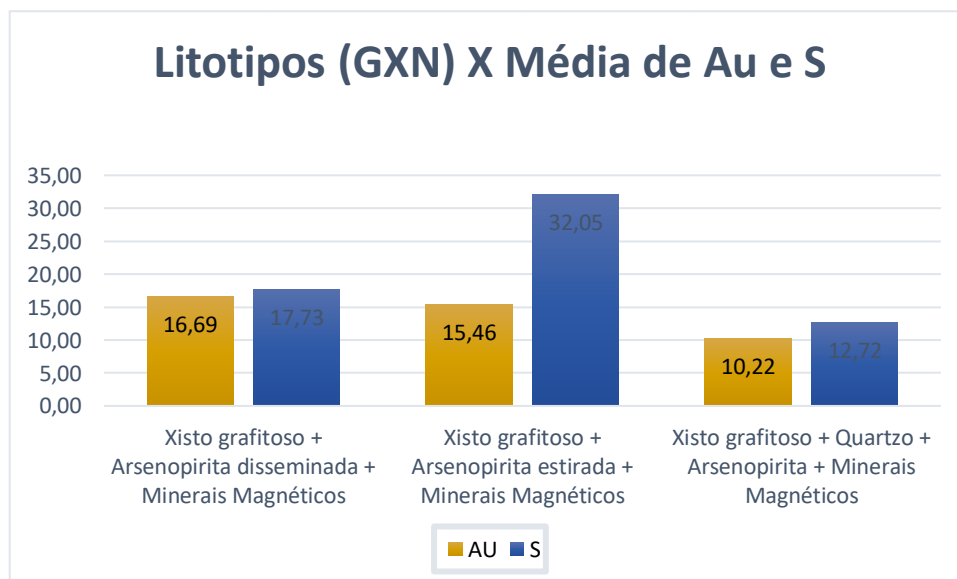


Figura 6.2 Média calculada para os teores de Au (g/ton) e S (%) para os litotipos do grupo GXN

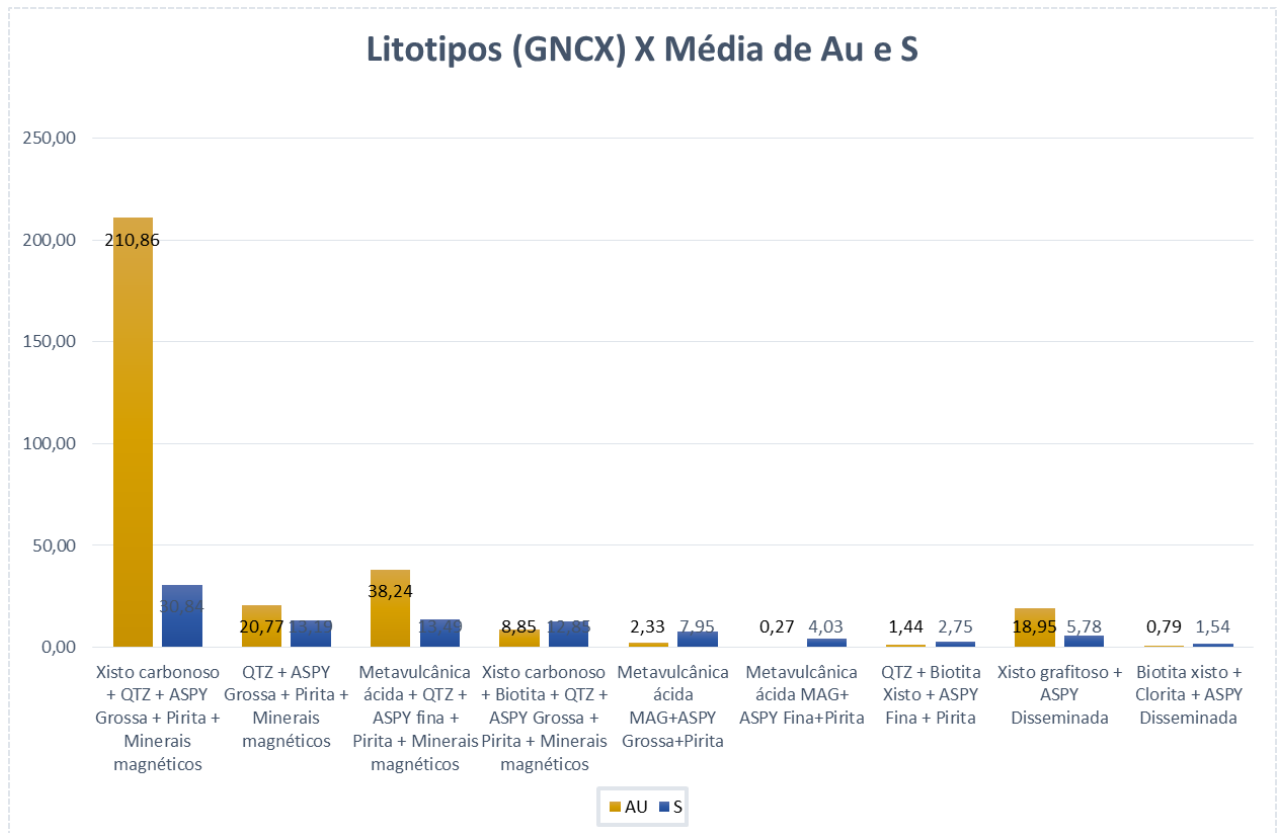


Figura 6.3 Média calculada para os teores de Au (g/ton) e S (%) para os litotipos do grupo GNCX

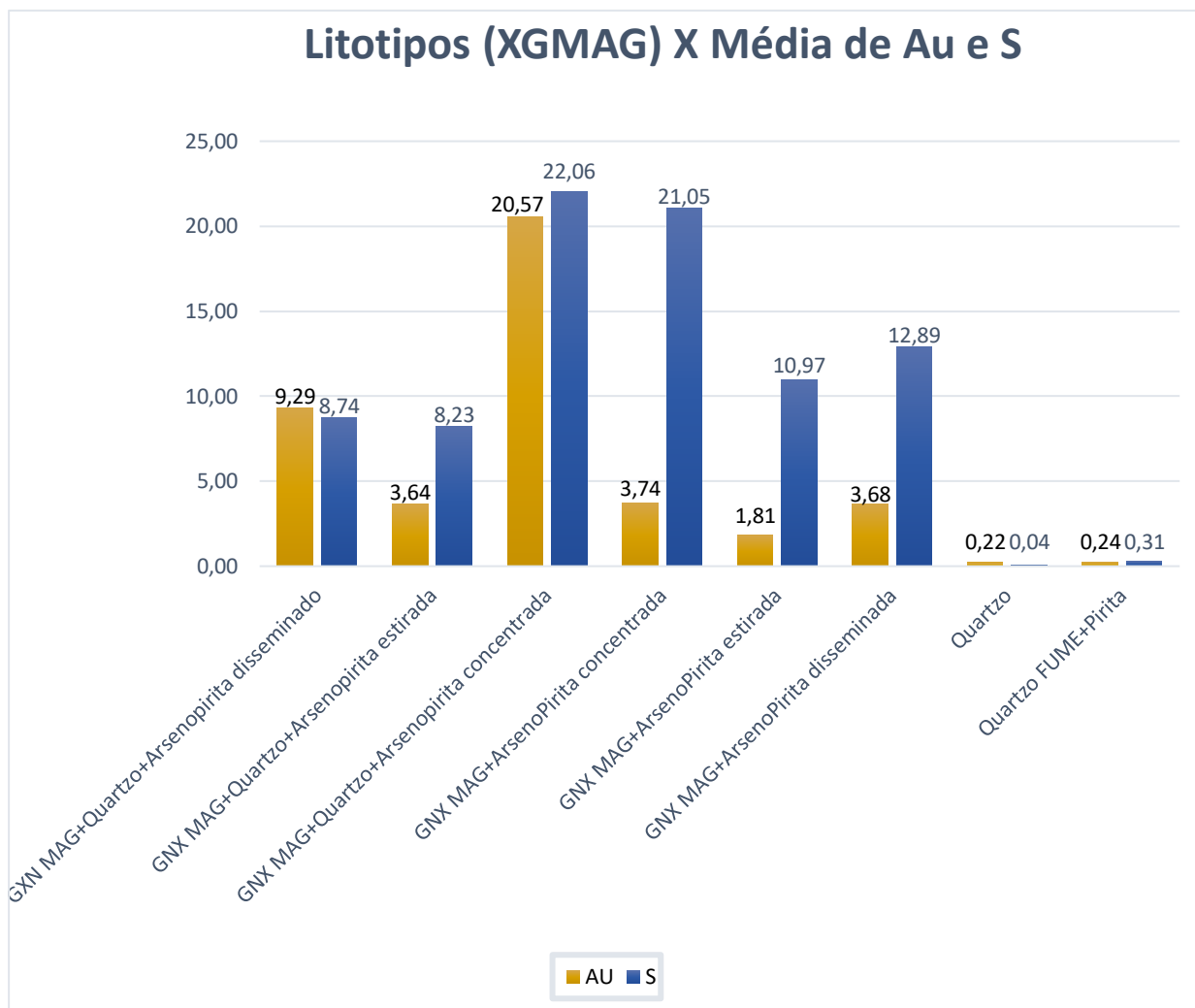


Figura 6.4 Média calculada para os teores de Au (g/ton) e S (%) para os litotipos do grupo XGMAG

Com base nos tipos litológicos e informações fornecidas pela mineradora, o ouro está comumente associado ao quartzo e sulfeto. Observa-se nos gráficos que as litologias que indicam maiores teores de Au e S apresentam justamente esses minerais em sua composição, demonstrando um padrão. Dentre as amostras analisadas em lâmina, todas continham quartzo e sulfeto, indicando que elas apresentam potencial para recuperação de Au. Portanto, de acordo com a tabela apresentada no “Anexo” do presente trabalho e os gráficos acima, pode-se inferir que a perda de minério, no corpo Pequizão, se encontra associada ao quartzo e sulfeto, já que eles são acompanhantes recorrentes de minérios de Au.

Assim, para que exista sucesso na recuperação do minério, os parâmetros na calibração do *Ore Sorting* devem ser ajustados para que haja uma diminuição na escala de cor do sensor de raio laser, para que amostras em tons mais brancos/cinzas – como os tons do quartzo encontrado no corpo Pequizão – sejam alocados corretamente na pilha de minério, em conjunto com o aumento da sensibilidade quanto

as densidades medidas pelo sensor de raio-X, de maneira a captar amostras mais pesadas e com maiores quantidades de inclusão de sulfeto.

CAPÍTULO 7

DISCUSSÕES E CONCLUSÃO

A tecnologia *Ore Sorting* é um processo de concentração mineral, onde o minério é separado do montante do rejeito. Assim, ao aplicarmos esse método nas amostras de rejeito do corpo Pequizão, obter-se-ia um maior aproveitamento do material proveniente da mina. Neste capítulo, serão discutidas as possíveis implicações a serem geradas pelo uso do método de separação *Ore Sorting*.

As análises mineralógicas associadas aos teores de ouro e enxofre, permitem dizer que os tipos litológicos estudados – xistos e quartzitos - que atualmente estão sendo considerados como rejeitos, tem potencial para serem aproveitados como minério. Para isso, o material deve ser pré-concentrado através do *Ore Sorting*, considerando a presença de quartzo e sulfeto, que segundo dados fornecidos pela empresa, são a associação mineral mais comum ao Au para amostras do corpo Pequizão.

A calibração do *Ore Sorting*, voltada para a detecção desses elementos, garante a maior chance de sucesso para a discriminação do minério no rejeito. Apesar do ouro ser um minério encontrado em todas as partes do mundo, tem-se que a associação mineral mais comum é com o quartzo, podendo ocorrer também com carbonatos, sulfetos e óxidos de ferro (Hough & Butt 2009), como nas amostras analisadas.

Nas zonas de cisalhamento acerca dos terrenos de *greenstone belts* da região de Crixás, existem diversas ocorrências auríferas, onde o ouro aparece acompanhado por quartzo e sulfetos. Nelas, as relações texturais apresentam subsídios para entender os processos de formação dos sulfetos e os mecanismos de deposição e remobilização do ouro durante a percolação de fluidos hidrotermais (Pulz *et al.* 1992).

As amostras descritas em lâminas delgadas polidas não puderam ser analisadas pelo *Ore Sorting*, devido a divergências com a mineradora, porém conclui-se que para comprovar os resultados adquiridos no presente estudo esse teste é essencial.

Assim, para otimizar e aprimorar o processo, o *Ore Sorting* deve ser calibrado de maneira a evitar perdas associadas a quartzo e sulfeto. Deve ser considerado ainda, o uso de outras tecnologias de sensores para trabalhar como eliminadores secundários no processo de pré-concentração e melhorar o resultado na recuperação de amostras de baixo teor, como por exemplo laser óptico, onde combina-se sistemas de posicionamento de objetos a laser 3D com câmeras coloridas para separar partículas com base em cores, sem a necessidade de um fundo não reflexivo (fundo preto como nos sistemas anteriores), e sensores de indução, em que usa-se correntes de Foucault pulsadas para medir a condutividade relativa de uma partícula (Murphy, *et al.* 2012).

De acordo com Dumont (2017), o balanço final de ouro após a combinação dos sensores XRT e Laser, presentes na tecnologia *Ore Sorting*, mostra potencial para atingir 97,5% de recuperação de ouro, concentrado em 40% de massa para corpos onde a geologia mineral seja bastante diversificada, tal como o corpo Pequizão. O balanço litológico demonstra a eficiência das duas tecnologias (Raio-X e Raio laser) na seleção de minerais associados ao Au. (Dumont & Lemos 2017).

Porém, mesmo que o minério se mostre passível de pré-concentração, existem vários desafios na combinação de mineração e novas tecnologias. Muitas dessas questões se relacionam ao fato de que a geologia não é uma ciência exata e, portanto, em um corpo de minério existem diversas heterogeneidades imprevisíveis, que exigem análises constantes, podendo resultar na necessidade de novas calibrações ao longo da vida útil da jazida. Por vezes, podem surgir também dificuldades quanto a distinção entre o minério e o estéril, quando o material em análise for muito similar em densidade e cor e problemas quanto ao nível de ejeção de amostras, quando o teor do produto e do rejeito não apresentarem grande discrepância, principalmente para grãos de granulometria fina.

Assim, frente a todos os desafios citados, tem-se que uma abordagem geológica efetiva ao implementar a tecnologia *Ore Sorting* para minérios de ouro de alta complexidade, é de grande influência para o sucesso dos testes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alkmim, F. F.; Brito Neves, B.B; Alves, I.A.C. 1993. Arcabouço Tectônico do Cráton do São Francisco - uma revisão. *In: Dominguez, J.M.L.; Misi, A (eds.). O Cráton do São Francisco: trabalhos apresentados na reunião preparatória do II Simpósio sobre o Cráton do São Francisco.* Salvador, SBG, p.45- 62.
- Alkmim F.F., Marshak S., Pedrosa-Soares A.C., Peres G.G., Cruz S., Whittington A. 2006. Kinematic evolution of the Araçuaí-West Congo orogen in Brazil and Africa: Nutcracker tectonics during the Neoproterozoic assembly of Gondwana. *Precambrian Research*, **149**: 43-64
- Almeida, B. S., 2005. *Mineralização aurífera do greenstone belt de Crixás-GO: O exemplo do corpo Palmeiras e seus indicadores prospectivos.* IGEO/UFRGS, Porto Alegre, 1 p.
- Albers, A. P. F. Melchiades, F. G., Machado, R. Baldo, J. B., Boschi, A. O. 2002. Um método simples de caracterização de argilominerais por difração de raios X (A simple method for the characterization of clay minerals by X-ray diffraction). *Cerâmica* - **305**:48
- Barken, B.M.; Hochella, M.F., JR.; Marshall, AJ3.; Turner, A.M. 1989. High resolution microscopy of gold in unoxidized ore from the Carlin mine, Nevada. *Econ. Geol.*, **84**:171-179
- Branco, P. C. de A. 1984. Principais depósitos minerais: conceitos, metodologia e listagem. *In: Schobbenhaus, C. et al. (Coord.), Geologia do Brasil, Brasília, MME/DNPM*, p. 359-419.
- Cabri, L.J.; Chrysosoulis, S.L.; De Vtliers, J.P.R.; La Flamme, J.H.G.; Buseck, P.R. 1989. The nature of invisible gold in arsenopyrite. *Can. Mineral*, **27**:353-362
- Campos, M. P. 2015. Modelamento matemático da Mina Pequidão em Crixás GO. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Ouro Preto, Núcleo de Geotecnia – UFOP, Ouro Preto, 161 p
- Carvalho, R.S. 2005. *Mapeamento geológico estrutural da faixa leste-oeste ao norte do Greenstone Belt de Crixás (GO).* Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 45 p.
- Castoldi, M.A.S. 2015. *O distrito aurífero de Crixás – GO: Caracterização do novo corpo de minério Ingá.* Trabalho de Conclusão de Curso de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 177 p.
- Dantas, E.L., Jost, H., Fuck, R.A., Brod, J.A., Pimentel, M.M. 2001. Proveniência e idade deposicional de sequências metavulcano-sedimentares da região de Santa Terezinha de Goiás, baseada em dados isotópicos Sm-Nd e de U-Pb em monocristal de zircão. *Revista Brasileira de Geociências*, **31**: 329-334.
- Dumont, J.A, Lemos, M. G., 2017. Ore Sorting Methodology investigation applied to gold ores; *In: Procemin Geomet – 13º International Mineral Processing Conference/ 4º International Seminar on Geometallurgy* p 1-10
- Gonçalves. P.C.P. 2017. Geometalurgia: panorama de aplicação no setor minero-metalúrgico. Monografia, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 90 f..
- Hough R.M. & Butt C.R.M. (eds.). 2009. Gold. Elements. Elements, *An International Magazine of Mineralogy, Geochemistry, and Petrology*, **5**: 1-20.
- Jenkins, R. 1999. X-Ray Fluorescence Spectrometry. Second edition. New York: Wiley
- Johan, Z.; Marcoux, E.; Bonneimaison, M. 1989. Arsenopyrite aurifere: mode de substitution de Au dans la structure de FeAsS. *C.R. Acad. Sci. Fr.*, **308**:185-191
- Jost, H. & Fortes, P.T.F.O. 2001. Gold deposits and occurrences of the Crixás Goldfields, central Brazil. *Mineralium Deposita*, **36**:3-4
- Jost, H. & Scandolara, J.E. 2010. Características estruturais, petrográficas e geoquímicas de enxame de diques máficos intrusivos em rochas metassedimentares do greenstone belt de Crixás, Goiás. *Geologia USP. Série Científica*, **10**: 119-134.
- Jost, H., Chemale Jr., F., Dussin, I.A., Tassinari, C.C.G., Martins, R. 2010. A U-Pb zircon Paleoproterozoic age for the metasedimentary host rocks and gold mineralization of the Crixás greenstone belt, Goiás, Central Brazil. *Ore Geology Reviews* **37**: 127-139.
- Kahn, H. 2000. Difração de raios X. (Curso Apostilado), Escola Politécnica, USP, São Paulo, 17p

- Kuyumjian, R.M. 1981 *Geologia e Mineralizações Auríferas do Greenstone Belt da Faixa Crixás – GO*. Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília, Brasília, 67 p
- Lemos, M.G., Bechir, J.L.C., Lopes, L.M.C., Souza, A.D., Bhering, A.P., Martins, E.L.C., Caldas, L.A., Campos, F.G.R.G., Carmo, L.F.A., Arantes, M.P.O., Silva, M.P., Metsavaht, V. 2015. Geometalurgia – Integrando mina e beneficiamento para aumento da produtividade – Vazante, Mg. In: XXVI Encontro Nacional De Tratamento De Minérios e Metalurgia Extrativa, Poços De Caldas, Minas Gerais. p. 11
- Magalhães, L.F. 1991. *Cinturão de Cisalhamento de Empurrão Córrego GeralMeia Patata: Geologia, Deformação, Alteração Hidrotermal e Mineralizações Auríferas Associadas Crixás-Goiás*. Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília, Brasília, 233 p
- Massucato, A.J. 2004. Relatório de geologia estrutural - Aspectos estruturais do Greenstone Belt de Crixás – GO. AngloGold Ashanti, Crixás-GO, 30p. Relatório Interno.
- Murphy, B, van Zyl, J and Domingo, G. 2012. Underground preconcentration by ore sorting and coarse gravity separation, in Proceedings Narrow Vein Mining, p. 237-244
- Outotec-Tomra. Ore Sorting: The road to optimizing your operation. Outotec, 2017. Disponível em: <<https://www.outotec.com/company/newsletters/minerva/minerva-issue-2--2017/ore-sorting-the-road-to-optimizing-your-operation/>>. Acesso em: 21 Julho 2019.
- Paula, H. H. S.; Fernandes, T. L. A. P. 2015. Preparação de amostras de rochas para análise química instrumental por FRX. In: Jornada do Programa de Capacitação Interna do CETEM, 4. Anais Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, CETEM/MCTI.
- Picot, P. & Marcoux, E. 1987. Nouvelles données sur la métallogénie de l'or. *C.R. Acad. Sci. Fr.*, **304**:221-226
- Pimentel M.M., Fuck R.A., Jost H., Ferreira Filho C. F., Araújo S.M. 2000. The basement of the Brasília Fold Belt and Goiás Magmatic Arc. In: U.G. Cordani, E.J. Milani, A. Thomaz Filho, D.A. Campos (editores) Tectonic Evolution of SMITH America. *Intern Geol. Cong.*, **31**:195-230
- Pires, A. C. B., 1995. Identificação Geofísica de Áreas de Alteração Hidrotermal, Crixás - Guarinos, Goiás. *Revista Brasileira de Geociências*, 8 p.
- Pulz, G. M.; Martins, E. S. ; Fuck, R. A. 1992. Morfologia dos minerais de ouro e arsenopirita no depósito Maria Lázara (Guarinos, Goiás) e suas implicações nos mecanismos de deposição. *Revista Brasileira de Geociências*. **22**: 257-261
- Pulz, G. M. 1990. *Geologia do depósito aurífero tipo Maria Lázara (Guarinos, Goiás)*. Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília, Brasília / Inst. de Geociências, Brasília 139 p.
- Queiroz C.L. 2000. *Evolução tectono-estrutural dos terrenos granito-greenstone belt de Crixás, Brasil Central*. Dissertação de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, Brasília, 209p.
- Reple, A.C.S., 2017. Bulk ore sorter: um estudo de caso na mina de Phu Kham. USP, São Paulo. 75p
- Sabóia, L.A. 1979. Os “Greenstone Belts” de Crixás e Goiás – GO. SBG, Núcleo Centro-Oeste, *Boletim Informativo*, **9**:44-72.
- Sabóia, L.A. & Teixeira, N.A. 1980. Lavas ultrabásicas da unidade basal do greenstone belt de Crixás (GO): Uma nova classe de rochas ultrabásicas no Estado de Goiás. *Revista Brasileira de Geociências*, **10**: 28-42.
- Salter, J.D., & Wyatt, N.P.G., (1991) Sorting in the minerals industry: past, present and future. *Minerals Engineering*, Great Britain, p. 779-796
- Sobiesiak, M.S. 2011. *Caracterização de depósito aurífero no Corpo Pequizão, Crixás-GO*. Trabalho de Conclusão de Curso de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 100 p.
- Souza, R.G., 2018 *Caracterização do corpo aurífero Mangaba, estrutura IV, greenstone belt de Crixás, GO*. Trabalho de Conclusão de Curso de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 76p.
- Strauss, D. T. Ore Sorting in Mining. Merlyn Consulting, 20 Abril 2016. Disponível em: <<http://www.merlyn-consulting.com/wp-content/uploads/2016/04/Ore-Sorting-in-Mining.pdf>>. Acesso em: 21 Junho 2019.
- Suszczyński, E. F. 1973. Mapa metalogenético do Brasil. MME/ DNPM, Rio de Janeiro. 19 p.

Taggart A. F., 1945. *Handbook of mineral dressing*. New York

Theodoro, S.M.C.H. 1995. *Ambiente de sedimentação da Formação Ribeirão das Antas, Grupo Crixás - Goiás*. Dissertação de Mestrado. Instituto de Geociências, Universidade Federal de Brasília, Brasília, 88 p

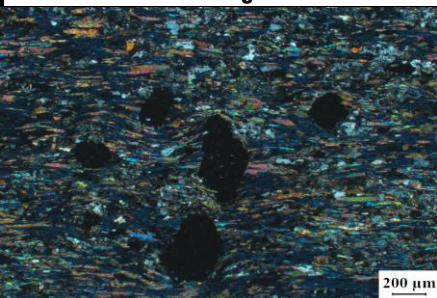
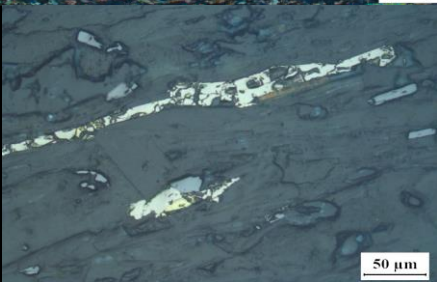
Thomson, M.L. 1987. *The Crixás Gold Deposit, Brazil: metamorphism, metasomatism and gold mineralization*. PhD Thesis, University of Western Ontario.

Thomson, M.L. & Fyfe, W.S. 1990. The Crixás gold deposit, Brazil: thrust related postpeak metamorphic gold mineralization of possible Brasiliano Cycle age. *Economic Geology*, **85**: 928-942.

Tomra's mineral and ore sorting equipment for more profit. TOMRA. Disponível em: <<https://www.tomra.com/en/sorting/mining>>. Acesso em: 21 Junho 2019.

Wills, B. A., & Finch, J. A. 2016. *Sensor-based Ore Sorting*. Wills' Mineral Processing Technology, 1 – 30, 409–416.

APÊNDICE

		FICHA DE DESCRIÇÃO PETROGRÁFICA -TCC	
Estudo petrográfico/mineralógico das rochas mineralizadas do corpo Pequizão, Crixás-GO.			
Orientador: Edison Tazava			
Lâmina: B1		Corpo: Pequizão/Crixás-GO	
Descrição: Brenda de Paula			
Descrição Macroscópica da Lâmina			
Rocha foliada, de granulação fina a média, coloração preta/esverdeada, com presença de pórfiros de granada oxidada, apresentando textura granolepdoblástica e presença de crenulação.			
Descrição Microscópica			
<u>Minerais Identificados (ordem decrescente de abundância)</u>			
Minerais Essenciais:		Clorita (35%); Biotita (25%); Quartzo (25%) Granada (10%)	
Minerais Acessórios:		Magnetita (06%); Pirrotita (05%); Calcopirita (05%); Rutilo (05%)	
Descrição Microscópica da Lâmina		Fotomicrografias	
Rocha de granulação fina, xistosidade bem definida, marcada por bandas de clorita e biotita e presença de grãos de quartzo. Apresenta textura lepdogranoblástica. A clorita aparece tanto como mineral principal, quanto em meio as bandas de biotita, inclusive, como alteração dela. O quartzo aparece agrupado, em grãos anédricos, com granulometria variando entre 0,1 – 3,5 mm. Forma agregados em arranjo granoblástico, com contatos interlobados e suturados, e apresenta extinção ondulante. A biotita aparece em palhetas médias com forte orientação planar e pleocroísmo de verde-musgo para marrom claro, concentradas em meio a clorita. Os opacos aparecem como minerais acessórios, sendo eles magnetita e rutilo, alinhados a xistosidade da rocha, pirrotita, calcopirita e observou-se um grão de pirita. O rutilo apresenta forte reflexão interna.		 	
Polarização: a) Luz Polarizada Cruzada (LPC) b) Luz Refletida (LR).			
Nome da Rocha:		Clorita-Biotita-Quartzo Xisto	



FICHA DE DESCRIÇÃO PETROGRÁFICA - TCC

Estudo petrográfico/mineralógico das rochas mineralizadas do corpo Pequizão, Crixás-GO.

Orientador: Edison Tazava

Lâmina: B2

Descrição: Brenda de Paula

Corpo: Pequizão/Crixás

Descrição Macroscópica da Lâmina

Rocha de granulação média a grossa, coloração cinza e textura granolepoblástica.

Descrição Microscópica

Minerais Identificados (ordem decrescente de abundância)

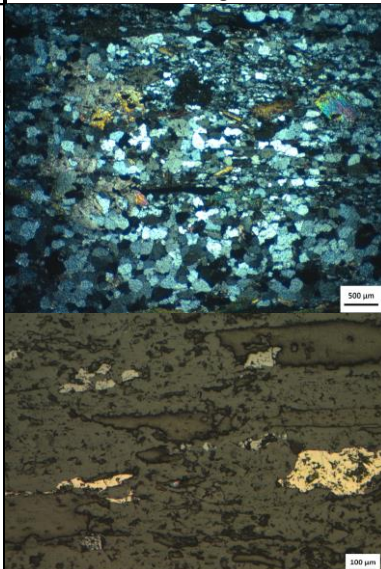
Minerais Essenciais: Quartzo (40%); Biotita (30%); Carbonato (20%)

Minerais Acessórios: Pirrotita (06%); Magnetita (05%); Calcopirita (05%); Rutilo (05%)

Descrição Microscópica da Lâmina

Rocha de granulação média, apresentando textura granolepoblástica, marcada pela presença de veios de carbonato, bem como grãos grossos em meio ao quartzo. Apresenta predominância de quartzo, com presença de lentes de carbonato, possivelmente calcita. A biotita aparece em meio as bandas de calcita com forte orientação planar, seguindo a xistosidade e apresentando pleocroísmo de verde-musgo para marrom. Os minerais opacos são pirrotita, que aparece como cristais finos e anedricos, calcopirita, magnetita e rutilo associado. Observou-se também, partes da lâmina com grande oxidação.

Fotomicrografias



Polarização: a) Luz Polarizada Cruzada (LPC) b) Luz Refletida (LR).

Nome da Rocha:

Quartzo-Biotita-Carbonato Xisto



UFOP

FICHA DE DESCRIÇÃO PETROGRÁFICA - TCC

Estudo petrográfico/mineralógico das rochas mineralizadas do corpo Pequizão, Crixás-GO.

Orientador: Edison Tazava

Lâmina: B3

Descrição: Brenda de Paula

Corpo: Pequizão/Crixás

Descrição Macroscópica da Lâmina

Rocha de granulação média a grossa, coloração cinza escura, com presença de carbonato e pequenos veios de biotita, textura granolepdoblástica.

Descrição Microscópica

Minerais Identificados (ordem decrescente de abundância)

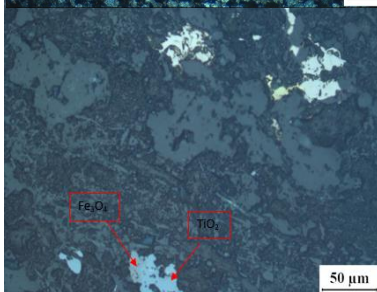
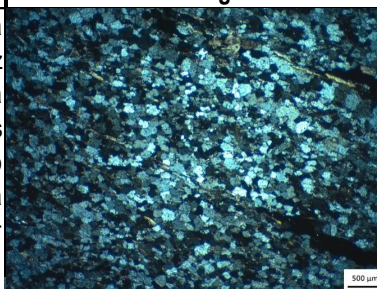
Minerais Essenciais: Quartzo (80%); Carbonato (10%); Biotita (5%);

Minerais Acessórios: Pirrotita (06%); Calcopirita (05%); Magnetita (05%); Rutilo (01%)

Descrição Microscópica da Lâmina

Rocha de granulação fina, marcada pela predominância de quartzo, com textura granolepdoblástica. A biotita constitui pequenas bandas em meio à matriz quartzosa, com forte orientação planar e pleocroísmo de verde-musgo para marrom. O quartzo forma agregados em arranjo granoblástico, com contatos interlobados e suturados, e apresenta textura de sub e novos grãos, bem como extinção ondulante. Aparecem também como veios de grãos grossos, em meio a matriz quartzosa fina. Os minerais opacos presentes são rutilo, com maior frequência, associado a magnetita, pirrotita e calcopirita como mineral acessório. Aparecem como grãos finos, em geral alinhados com o quartzo.

Fotomicrografias



Polarização: a) Luz Polarizada Cruzada (LPC) b) Luz Refletida (LR).

Nome da Rocha:

Quartzito



UFOP

FICHA DE DESCRIÇÃO PETROGRÁFICA -TCC

Estudo petrográfico/mineralógico das rochas mineralizadas do corpo Pequizão, Crixás-GO.

Orientador: Edison Tazava

Lâmina: B4

Descrição: Brenda de Paula

Corpo: Pequizão/Crixás

Descrição Macroscópica da Lâmina

Rocha de granulação fina, coloração cinza escura, com presença de grãos de carbonato e textura granoblástica.

Descrição Microscópica

Minerais Identificados (ordem decrescente de abundância)

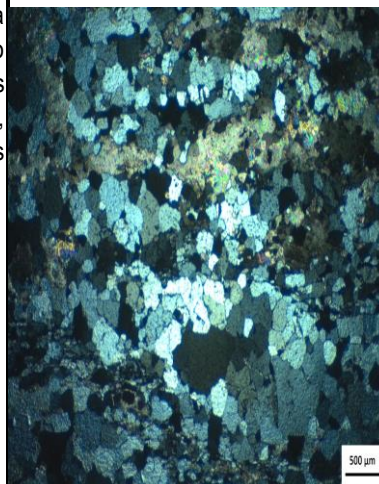
Minerais Essenciais: Quartzo (80%); Carbonato (20%);

Minerais Acessórios:

Descrição Microscópica da Lâmina

Rocha de granulação fina, apresentando orientação incipiente do quartzo, marcado pela alternância de bandas quartzosas e carbonáticas, com textura granoblástica. O carbonato, possivelmente a calcita, aparece agrupada em meio ao quartzo, com forte pleocroísmo e presença de maclas polissintéticas. Os grãos de quartzo aparecem subédrico, apresentam contato arredondado entre si, textura de sub e novos grãos e extinção ondulante. Não foram identificados minerais opacos para essa amostra.

Fotomicrografias



Polarização: a) Luz Polarizada Cruzada (LPC) .

Nome da Rocha:

Quartzito



FICHA DE DESCRIÇÃO PETROGRÁFICA -TCC

Estudo petrográfico/mineralógico das rochas mineralizadas do corpo Pequizão, Crixás-GO.

Orientador: Edison Tazava

Lâmina: B5

Descrição: Brenda de Paula

Corpo: Pequizão/Crixás

Descrição Macroscópica da Lâmina

Rocha foliada, de granulação fina, coloração cinza escura/preta, apresentando textura lepdogranoblástica e veios de quartzo.

Descrição Microscópica

Minerais Identificados (ordem decrescente de abundância)

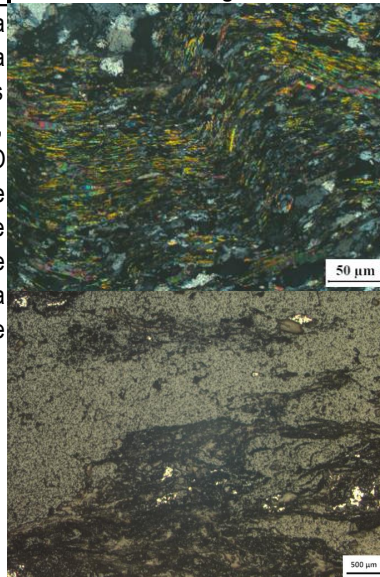
Minerais Essenciais: Biotita (65%); Quartzo (15%); Carbonato (10%)

Minerais Acessórios: Pirrotita (08%); Calcopirita (06%); Magnetita (06%)

Descrição Microscópica da Lâmina

Rocha de granulação fina, com xistosidade bem definida, marcada pela alternância de bandas de mica, com veios de grãos de quartzo, com textura lepdogranoblástica. Quartzo constitui pequenas bandas em meio à grãos grossos de biotita em dentre a matriz micácea composta por palhetas médias e alongadas, com forte orientação planar e com granulometria variando entre 0,1 – 3,5 mm. O quartzo aparece em arranjo granoblástico, com contatos interlobados e suturados, e apresenta extinção ondulante e sombra de pressão. Observa-se que são pré-tectônicos às micas, assim a foliação contorna os blastos e ainda se observa presença de dobras milimétricas na biotita. Os opacos presentes são a calcopirita, magnetita e pirrotita, apresentando uma borda de carbonato, o que pode representar alteração hidrotermal.

Fotomicrografias



Polarização: a) Luz Polarizada Cruzada (LPC) b) Luz Refletida (LR).

Nome da Rocha:

Biotita-Quartzo Xisto

ANEXOS

Corpo	Código da Empresa	Litologia	Granulometria	Massa Analisada.(g)	AU (g/ton)	S (%)
Pequizado	QTZ	Arsenopirita+Quartzo+Sulfeto	-45+20	80	0,06	2,33
Pequizado	QTZ	Arsenopirita+Quartzo+Sulfeto	-45+20	25	0,07	0,58
Pequizado	QTZ	Arsenopirita+Quartzo+Sulfeto	-45+20	110	0,03	0,01
Pequizado	QTZ	Quartzo + Arsenopirita Grossa + Minerais Magnéticos	-45+20	175	2,40	1,88
Pequizado	QTZ	Quartzo + Arsenopirita Grossa + Minerais Magnéticos	-45+20	120	1,68	2,02
Pequizado	QTZ	Quartzo + Arsenopirita Grossa + Minerais Magnéticos	-45+20	135	0,81	2,25
Pequizado	QTZ	Quartzo + Arsenopirita Grossa + Minerais Magnéticos	-45+20	135	1,35	1,09
Pequizado	QTZ	Quartzo + Arsenopirita Grossa + Minerais Magnéticos	-45+20	85	3,13	1,53
Pequizado	QTZ	Quartzo + Arsenopirita Grossa + Minerais Magnéticos	-45+20	115	0,30	1,82
Pequizado	QTZ	Quartzo + Arsenopirita Grossa + Minerais Magnéticos	-45+20	100	1,93	2,08
Pequizado	QTZ	Quartzo + Arsenopirita Grossa + Minerais Magnéticos	-45+20	90	1,52	1,92
Pequizado	QTZ	Quartzo + Arsenopirita Grossa + Minerais Magnéticos	-45+20	85	1,28	1,92
Pequizado	QTZ	Quartzo + Arsenopirita Grossa + Minerais Magnéticos	-45+20	85	4,96	2,18
Pequizado	QTZ	Quartzo + Arsenopirita Grossa + Minerais Magnéticos	-45+20	70	1,88	2,05
Pequizado	QTZ	Quartzo + Arsenopirita Grossa + Minerais Magnéticos	-45+20	120	2,25	1,63
Pequizado	QTZ	Quartzo + Arsenopirita Grossa + Minerais Magnéticos	-45+20	85	4,68	1,72
Pequizado	QTZ	Quartzo + Arsenopirita Grossa + Minerais Magnéticos	-45+20	70	6,10	2,15
Pequizado	GXN	Biotita xisto + Arsenopirita disseminada + Minerais Magnéticos	-45+20	110	0,62	0,94
Pequizado	GXN	Biotita xisto + Arsenopirita disseminada + Minerais Magnéticos	-45+20	90	0,58	1,07
Pequizado	GXN	Biotita xisto + Arsenopirita disseminada + Minerais Magnéticos	-45+20	70	1,18	0,7
Pequizado	GXN	Biotita xisto + Arsenopirita disseminada + Minerais Magnéticos	-45+20	95	2,56	1,61
Pequizado	GXN	Biotita xisto + Arsenopirita disseminada + Minerais Magnéticos	-45+20	75	0,03	0,13
Pequizado	GXN	Biotita xisto + Arsenopirita disseminada + Minerais Magnéticos	-45+20	130	3,12	1,17
Pequizado	GXN	Biotita xisto + Arsenopirita disseminada + Minerais Magnéticos	-45+20	90	0,97	0,91
Pequizado	GXN	Biotita xisto + Arsenopirita disseminada + Minerais Magnéticos	-45+20	125	2,07	1,82
Pequizado	GXN	Biotita xisto + Arsenopirita disseminada + Minerais Magnéticos	-45+20	50	3,82	1,17
Pequizado	GXN	Biotita xisto + Arsenopirita disseminada + Minerais Magnéticos	-45+20	80	0,55	1,24
Pequizado	GXN	Biotita xisto + Arsenopirita disseminada + Minerais Magnéticos	-45+20	80	0,24	1,62
Pequizado	GXN	Biotita xisto + Arsenopirita disseminada + Minerais Magnéticos	-45+20	85	0,06	0,77
Pequizado	GXN	Biotita xisto + Arsenopirita disseminada + Minerais Magnéticos	-45+20	90	0,14	1,2
Pequizado	GXN	Biotita xisto + Arsenopirita disseminada + Minerais Magnéticos	-45+20	85	0,11	1,25
Pequizado	GXN	Biotita xisto + Arsenopirita disseminada + Minerais Magnéticos	-45+20	95	0,18	1,03
Pequizado	GXN	Biotita xisto + Arsenopirita disseminada + Minerais Magnéticos	-45+20	80	0,48	1,1
Pequizado	GXN	Biotita xisto + Arsenopirita estrada + Minerais Magnéticos	-45+20	150	0,16	1,1
Pequizado	GXN	Biotita xisto + Arsenopirita estrada + Minerais Magnéticos	-45+20	165	0,41	0,88
Pequizado	GXN	Biotita xisto + Arsenopirita estrada + Minerais Magnéticos	-45+20	200	1,91	1,51
Pequizado	GXN	Biotita xisto + Arsenopirita estrada + Minerais Magnéticos	-45+20	115	0,05	1,65
Pequizado	GXN	Biotita xisto + Arsenopirita estrada + Minerais Magnéticos	-45+20	90		
Pequizado	GXN	Biotita xisto + Arsenopirita estrada + Minerais Magnéticos	-45+20	100	0,52	1,66
Pequizado	GXN	Biotita xisto + Arsenopirita estrada + Minerais Magnéticos	-45+20	105	1,25	1,77
Pequizado	GXN	Biotita xisto + Arsenopirita estrada + Minerais Magnéticos	-45+20	105	0,10	2,33
Pequizado	GXN	Biotita xisto + Arsenopirita estrada + Minerais Magnéticos	-45+20	50	0,12	1,2
Pequizado	GXN	Biotita xisto + Arsenopirita estrada + Minerais Magnéticos	-45+20	60	0,06	1,04
Pequizado	GXN	Biotita xisto + Arsenopirita estrada + Minerais Magnéticos	-45+20	60	0,03	2,08
Pequizado	GXN	Biotita xisto + Arsenopirita estrada + Minerais Magnéticos	-45+20	40	0,03	2,27
Pequizado	GXN	Biotita xisto + Arsenopirita estrada + Minerais Magnéticos	-45+20	50	0,06	0,96
Pequizado	GXN	Biotita xisto + Arsenopirita estrada + Minerais Magnéticos	-45+20	90	0,24	1,89
Pequizado	GXN	Biotita xisto + Arsenopirita estrada + Minerais Magnéticos	-45+20	70	0,68	2,99
Pequizado	GXN	Biotita xisto + Arsenopirita estrada + Minerais Magnéticos	-45+20	50	4,67	1,12
Pequizado	GXN	Biotita xisto + Arsenopirita estrada + Minerais Magnéticos	-45+20	35	0,41	1,34
Pequizado	GXN	Biotita xisto + Arsenopirita estrada + Minerais Magnéticos	-45+20	80	0,16	1,66
Pequizado	GXN	Biotita xisto + Arsenopirita estrada + Minerais Magnéticos	-45+20	60	1,17	1,34
Pequizado	GXN	Biotita xisto + Arsenopirita estrada + Minerais Magnéticos	-45+20	60	2,94	1,24
Pequizado	GXN	Biotita xisto + Arsenopirita estrada + Minerais Magnéticos	-45+20	50	0,50	1,05
Pequizado	GXN	Biotita xisto + Quartzo + Arsenopirita + Minerais Magnéticos	-45+20	45	0,44	0,97
Pequizado	GXN	Biotita xisto + Quartzo + Arsenopirita + Minerais Magnéticos	-45+20	65	2,00	1,42
Pequizado	GXN	Biotita xisto + Quartzo + Arsenopirita + Minerais Magnéticos	-45+20	105	1,25	1,18
Pequizado	GXN	Biotita xisto + Quartzo + Arsenopirita + Minerais Magnéticos	-45+20	100	0,50	1,28
Pequizado	GXN	Biotita xisto + Quartzo + Arsenopirita + Minerais Magnéticos	-45+20	115	0,33	0,92

Pequiza	GXN	Biotita xisto + Quartzo + Arsenopirita + Minerais Magnéticos	-45+20	110	0,15	0,91
Pequiza	GXN	Biotita xisto + Quartzo + Arsenopirita + Minerais Magnéticos	-45+20	85	2,19	1,1
Pequiza	GXN	Biotita xisto + Quartzo + Arsenopirita + Minerais Magnéticos	-45+20	85	0,09	0,66
Pequiza	GXN	Biotita xisto + Quartzo + Arsenopirita + Minerais Magnéticos	-45+20	100	0,57	1,71
Pequiza	GXN	Biotita xisto + Quartzo + Arsenopirita + Minerais Magnéticos	-45+20	105	2,39	2,35
Pequiza	GXN	Biotita xisto + Quartzo + Arsenopirita + Minerais Magnéticos	-45+20	85	0,15	0,76
Pequiza	GXN	Biotita xisto + Quartzo + Arsenopirita + Minerais Magnéticos	-45+20	75	0,16	0,43
Pequiza	GNCX	Xisto carbonoso + Quartzo + Arsenopirita grossa + Pirita + Minerais magnéticos	-45+20	130	0,31	1,04
Pequiza	GNCX	Xisto carbonoso + Quartzo + Arsenopirita grossa + Pirita + Minerais magnéticos	-45+20	80	2,28	1,45
Pequiza	GNCX	Xisto carbonoso + Quartzo + Arsenopirita grossa + Pirita + Minerais magnéticos	-45+20	65	0,05	1,58
Pequiza	GNCX	Xisto carbonoso + Quartzo + Arsenopirita grossa + Pirita + Minerais magnéticos	-45+20	100	0,25	1,01
Pequiza	GNCX	Xisto carbonoso + Quartzo + Arsenopirita grossa + Pirita + Minerais magnéticos	-45+20	120	0,67	1,78
Pequiza	GNCX	Xisto carbonoso + Quartzo + Arsenopirita grossa + Pirita + Minerais magnéticos	-45+20	90	0,03	0,01
Pequiza	GNCX	Xisto carbonoso + Quartzo + Arsenopirita grossa + Pirita + Minerais magnéticos	-45+20	35	0,08	0,48
Pequiza	GNCX	Xisto carbonoso + Quartzo + Arsenopirita grossa + Pirita + Minerais magnéticos	-45+20	130	0,12	1,22
Pequiza	GNCX	Xisto carbonoso + Quartzo + Arsenopirita grossa + Pirita + Minerais magnéticos	-45+20	55	0,10	0,55
Pequiza	GNCX	Xisto carbonoso + Quartzo + Arsenopirita grossa + Pirita + Minerais magnéticos	-45+20	65	74,98	10,4
Pequiza	GNCX	Xisto carbonoso + Quartzo + Arsenopirita grossa + Pirita + Minerais magnéticos	-45+20	55	4,24	2,32
Pequiza	GNCX	Xisto carbonoso + Quartzo + Arsenopirita grossa + Pirita + Minerais magnéticos	-45+20	60	0,41	1,66
Pequiza	GNCX	Xisto carbonoso + Quartzo + Arsenopirita grossa + Pirita + Minerais magnéticos	-45+20	80	121,93	4,01
Pequiza	GNCX	Xisto carbonoso + Quartzo + Arsenopirita grossa + Pirita + Minerais magnéticos	-45+20	55	0,96	0,95
Pequiza	GNCX	Xisto carbonoso + Quartzo + Arsenopirita grossa + Pirita + Minerais magnéticos	-45+20	65	0,58	0,27
Pequiza	GNCX	Xisto carbonoso + Quartzo + Arsenopirita grossa + Pirita + Minerais magnéticos	-45+20	60	0,39	0,23
Pequiza	GNCX	Xisto carbonoso + Quartzo + Arsenopirita grossa + Pirita + Minerais magnéticos	-45+20	80	3,48	1,88
Pequiza	GNCX	Quartzo + Arsenopirita grossa + Pirita + Minerais magnéticos	-45+20	55	0,26	1,32
Pequiza	GNCX	Quartzo + Arsenopirita grossa + Pirita + Minerais magnéticos	-45+20	65	0,13	1,29
Pequiza	GNCX	Quartzo + Arsenopirita grossa + Pirita + Minerais magnéticos	-45+20	65	1,05	1,43
Pequiza	GNCX	Quartzo + Arsenopirita grossa + Pirita + Minerais magnéticos	-45+20	50	17,97	2,32
Pequiza	GNCX	Quartzo + Arsenopirita grossa + Pirita + Minerais magnéticos	-45+20	30	0,34	1,14
Pequiza	GNCX	Quartzo + Arsenopirita grossa + Pirita + Minerais magnéticos	-45+20	30	0,32	1,65
Pequiza	GNCX	Quartzo + Arsenopirita grossa + Pirita + Minerais magnéticos	-45+20	25	0,32	1,11
Pequiza	GNCX	Quartzo + Arsenopirita grossa + Pirita + Minerais magnéticos	-45+20	40	0,19	0,95
Pequiza	GNCX	Quartzo + Arsenopirita grossa + Pirita + Minerais magnéticos	-45+20	75	0,19	1,98
Pequiza	GNCX	Quartzo + Arsenopirita grossa + Pirita + Minerais magnéticos	-45+20	120	0,38	0,95
Pequiza	GNCX	Quartzo + Arsenopirita grossa + Pirita + Minerais magnéticos	-45+20	135	1,00	1,78
Pequiza	GNCX	Quartzo + Arsenopirita grossa + Pirita + Minerais magnéticos	-45+20	65	7,44	1,44
Pequiza	GNCX	Quartzo + Arsenopirita grossa + Pirita + Minerais magnéticos	-45+20	20	3,73	2
Pequiza	GNCX	Quartzo + Arsenopirita grossa + Pirita + Minerais magnéticos	-45+20	25	0,23	0,51
Pequiza	GNCX	Quartzo + Arsenopirita grossa + Pirita + Minerais magnéticos	-45+20	75	0,07	0,97
Pequiza	GNCX	Quartzo + Arsenopirita grossa + Pirita + Minerais magnéticos	-45+20	185	0,29	0,47
Pequiza	GNCX	Quartzo + Arsenopirita grossa + Pirita + Minerais magnéticos	-45+20	55	0,03	0,55
Pequiza	GNCX	Quartzo + Arsenopirita grossa + Pirita + Minerais magnéticos	-45+20	60	0,03	0,47
Pequiza	GNCX	Quartzo + Arsenopirita grossa + Pirita + Minerais magnéticos	-45+20	85	0,03	0,43
Pequiza	GNCX	Quartzo + Arsenopirita grossa + Pirita + Minerais magnéticos	-45+20	35	0,03	0,78
Pequiza	GNCX	Quartzo + Arsenopirita grossa + Pirita + Minerais magnéticos	-45+20	55	24,51	1,68
Pequiza	GNCX	Quartzo + Arsenopirita grossa + Pirita + Minerais magnéticos	-45+20	105	0,49	1,46
Pequiza	GNCX	Xisto carbonoso + Biotita + Quartzo + Arsenopirita grossa + Pirita + Minerais magnéticos	-45+20	85	0,03	0,39
Pequiza	GNCX	Xisto carbonoso + Biotita + Quartzo + Arsenopirita grossa + Pirita + Minerais magnéticos	-45+20	55	1,27	3,27
Pequiza	GNCX	Xisto carbonoso + Biotita + Quartzo + Arsenopirita grossa + Pirita + Minerais magnéticos	-45+20	85	0,03	1,57
Pequiza	GNCX	Xisto carbonoso + Biotita + Quartzo + Arsenopirita grossa + Pirita + Minerais magnéticos	-45+20	100	0,25	1,95

Pequizaço	GNCX	Xisto carbonoso + Biotita + Quartzo + Arsenopirita grossa + Pirita + Minerais magnéticos	-45+20	115	0,12	0,96
Pequizaço	GNCX	Xisto carbonoso + Biotita + Quartzo + Arsenopirita grossa + Pirita + Minerais magnéticos	-45+20	90	0,08	0,6
Pequizaço	GNCX	Xisto carbonoso + Biotita + Quartzo + Arsenopirita grossa + Pirita + Minerais magnéticos	-45+20	65	6,97	3,76
Pequizaço	GNCX	Xisto carbonoso + Biotita + Quartzo + Arsenopirita grossa + Pirita + Minerais magnéticos	-45+20	100	0,11	0,35
Pequizaço	GNCX	Metavulcânica ácida MAG+Arsenopirita grossa+Pirita	-45+20	130	0,03	2,29
Pequizaço	GNCX	Metavulcânica ácida MAG+Arsenopirita grossa+Pirita	-45+20	120	0,61	1,38
Pequizaço	GNCX	Metavulcânica ácida MAG+Arsenopirita grossa+Pirita	-45+20	55	0,85	1,09
Pequizaço	GNCX	Metavulcânica ácida MAG+Arsenopirita grossa+Pirita	-45+20	45	0,35	0,86
Pequizaço	GNCX	Metavulcânica ácida MAG+Arsenopirita grossa+Pirita	-45+20	55	0,35	1,13
Pequizaço	GNCX	Metavulcânica ácida MAG+Arsenopirita grossa+Pirita	-45+20	135	0,03	0,25
Pequizaço	GNCX	Metavulcânica ácida MAG+Arsenopirita grossa+Pirita	-45+20	75	0,12	0,95
Pequizaço	GNCX	Metavulcânica ácida MAG+Arsenopirita fina+Pirita	-45+20	95	0,03	0,01
Pequizaço	GNCX	Metavulcânica ácida MAG+Arsenopirita fina+Pirita	-45+20	30	0,03	0,84
Pequizaço	GNCX	Metavulcânica ácida MAG+Arsenopirita fina+Pirita	-45+20	65	0,12	0,78
Pequizaço	GNCX	Metavulcânica ácida MAG+Arsenopirita fina+Pirita	-45+20	140	0,03	0,42
Pequizaço	GNCX	Metavulcânica ácida MAG+Arsenopirita fina+Pirita	-45+20	60	0,03	0,96
Pequizaço	GNCX	Metavulcânica ácida MAG+Arsenopirita fina+Pirita	-45+20	100	0,03	0,91
Pequizaço	GNCX	Metavulcânica ácida MAG+Arsenopirita fina+Pirita	-45+20	60	0,03	0,11
Pequizaço	GNCX	Quartzo + Biotita xisto + Arsenopirita fina + Pirita	-45+20	60	0,03	0
Pequizaço	GNCX	Quartzo + Biotita xisto + Arsenopirita fina + Pirita	-45+20	20	0,03	0,01
Pequizaço	GNCX	Quartzo + Biotita xisto + Arsenopirita fina + Pirita	-45+20	35	0,03	0,01
Pequizaço	GNCX	Quartzo + Biotita xisto + Arsenopirita fina + Pirita	-45+20	15	0,06	0,05
Pequizaço	GNCX	Quartzo + Biotita xisto + Arsenopirita fina + Pirita	-45+20	35	0,03	0
Pequizaço	GNCX	Quartzo + Biotita xisto + Arsenopirita fina + Pirita	-45+20	10	0,27	0,06
Pequizaço	GNCX	Quartzo + Biotita xisto + Arsenopirita fina + Pirita	-45+20	15	0,28	0,05
Pequizaço	GNCX	Quartzo + Biotita xisto + Arsenopirita fina + Pirita	-45+20	20	0,03	0,04
Pequizaço	GNCX	Quartzo + Biotita xisto + Arsenopirita fina + Pirita	-45+20	50	0,03	0,02
Pequizaço	GNCX	Quartzo + Biotita xisto + Arsenopirita fina + Pirita	-45+20	205	0,03	0
Pequizaço	GNCX	Quartzo + Biotita xisto + Arsenopirita fina + Pirita	-45+20	110	0,03	0
Pequizaço	GNCX	Quartzo + Biotita xisto + Arsenopirita fina + Pirita	-45+20	80	0,03	0,01
Pequizaço	GNCX	Quartzo + Biotita xisto + Arsenopirita fina + Pirita	-45+20	30	0,03	1,92
Pequizaço	GNCX	Quartzo + Biotita xisto + Arsenopirita fina + Pirita	-45+20	85	0,32	0,08
Pequizaço	GNCX	Quartzo + Biotita xisto + Arsenopirita fina + Pirita	-45+20	30	0,23	0,5
Pequizaço	GNCX	Quartzo + Biotita xisto + Arsenopirita fina + Pirita	-45+20	150	0,03	0
Pequizaço	GNCX	Biotita xisto + Clorita + Arsenopirita disseminada	-45+20	55	0,20	1,02
Pequizaço	GNCX	Biotita xisto + Clorita + Arsenopirita disseminada	-45+20	25	1,85	0,53
Pequizaço	GNCX	Biotita xisto + Clorita + Arsenopirita disseminada	-45+20	55	0,03	0,72
Pequizaço	GNCX	Biotita xisto + Clorita + Arsenopirita disseminada	-45+20	40	0,03	0,5
Pequizaço	GNCX	Biotita xisto + Clorita + Arsenopirita disseminada	-45+20	25	0,03	0,02
Pequizaço	GNCX	Biotita xisto + Clorita + Arsenopirita disseminada	-45+20	20	0,03	0,32
Pequizaço	GNCX	Biotita xisto + Clorita + Arsenopirita disseminada	-45+20	10	16,60	1,68
Pequizaço	GNCX	Biotita xisto + Clorita + Arsenopirita disseminada	-45+20	85	0,20	0,99
Pequizaço	GNCX	Biotita xisto + Clorita + Arsenopirita disseminada	-45+20	135	0,03	0,02
Pequizaço	GNCX	Biotita xisto + Clorita + Arsenopirita disseminada	-45+20	85	0,56	0,01
Pequizaço	GNCX	Biotita xisto + Clorita + Arsenopirita disseminada	-45+20	75	0,03	0,74
Pequizaço	GNCX	Biotita xisto + Clorita + Arsenopirita disseminada	-45+20	35	0,03	0,03
Pequizaço	GNCX	Biotita xisto + Clorita + Arsenopirita disseminada	-45+20	160	0,15	0,74
Pequizaço	GNCX	GXN+Pirita	-45+20	40	2,33	5,47
Pequizaço	GNCX	GXN+Pirita	-45+20	60	1,77	3,11
Pequizaço	GNCX	GXN+Quartzo+Pirita	-45+20	20	22,27	13,9

Pequiza	GNCX	GXN+Quartzo+Pirita	-45+20	15	0,33	0,32
Pequiza	GNCX	GXN+Arsenopirita grossa	-45+20	15	0,03	1,01
Pequiza	GNCX	GXN+Arsenopirita grossa	-45+20	75	0,12	0,3
Pequiza	GNCX	GXN+Arsenopirita grossa	-45+20	100	0,03	0,37
Pequiza	GNCX	GXN+Arsenopirita estrado	-45+20	40	0,03	0,69
Pequiza	GNCX	GXN+Arsenopirita estrado	-45+20	30	0,08	0,59
Pequiza	GNCX	GXN+Arsenopirita estrado	-45+20	100	0,19	0,89
Pequiza	XGMAG	GXN MAG+Quartzo+Arsenopirita disseminado	-45+20	135	0,23	1,82
Pequiza	XGMAG	GXN MAG+Quartzo+Arsenopirita disseminado	-45+20	40	2,38	1,78
Pequiza	XGMAG	GXN MAG+Quartzo+Arsenopirita disseminado	-45+20	110	0,15	1,64
Pequiza	XGMAG	GXN MAG+Quartzo+Arsenopirita disseminado	-45+20	110	0,15	0,42
Pequiza	XGMAG	GXN MAG+Quartzo+Arsenopirita disseminado	-45+20	145	2,09	0,74
Pequiza	XGMAG	GXN MAG+Quartzo+Arsenopirita disseminado	-45+20	25	0,67	0,42
Pequiza	XGMAG	GXN MAG+Quartzo+Arsenopirita disseminado	-45+20	55	2,34	1,05
Pequiza	XGMAG	GXN MAG+Quartzo+Arsenopirita disseminado	-45+20	60	0,34	0,32
Pequiza	XGMAG	GXN MAG+Quartzo+Arsenopirita disseminado	-45+20	75	0,88	0,18
Pequiza	XGMAG	GXN MAG+Quartzo+Arsenopirita disseminado	-45+20	80	0,06	0,37
Pequiza	XGMAG	GXN MAG+Quartzo+Arsenopirita estrada	-45+20	155	0,66	1,07
Pequiza	XGMAG	GXN MAG+Quartzo+Arsenopirita estrada	-45+20	85	0,43	1,03
Pequiza	XGMAG	GXN MAG+Quartzo+Arsenopirita estrada	-45+20	80	0,91	1,18
Pequiza	XGMAG	GXN MAG+Quartzo+Arsenopirita estrada	-45+20	40	0,21	0,68
Pequiza	XGMAG	GXN MAG+Quartzo+Arsenopirita estrada	-45+20	60	0,10	1,24
Pequiza	XGMAG	GXN MAG+Quartzo+Arsenopirita estrada	-45+20	160	1,33	3,03
Pequiza	XGMAG	GXN MAG+Quartzo+Arsenopirita concentrada	-45+20	100	0,75	0,73
Pequiza	XGMAG	GXN MAG+Quartzo+Arsenopirita concentrada	-45+20	120	0,08	0,24
Pequiza	XGMAG	GXN MAG+Quartzo+Arsenopirita concentrada	-45+20	75	0,10	2,2
Pequiza	XGMAG	GXN MAG+Quartzo+Arsenopirita concentrada	-45+20	60	11,02	6,36
Pequiza	XGMAG	GXN MAG+Quartzo+Arsenopirita concentrada	-45+20	20	0,33	2,35
Pequiza	XGMAG	GXN MAG+Quartzo+Arsenopirita concentrada	-45+20	65	0,42	1,64
Pequiza	XGMAG	GXN MAG+Quartzo+Arsenopirita concentrada	-45+20	45	5,29	5,86
Pequiza	XGMAG	GXN MAG+Quartzo+Arsenopirita concentrada	-45+20	40	1,33	0,99
Pequiza	XGMAG	GXN MAG+Quartzo+Arsenopirita concentrada	-45+20	145	1,25	1,69
Pequiza	XGMAG	GXN MAG+Arsenopirita concentrada	-45+20	165	0,50	2,54
Pequiza	XGMAG	GXN MAG+Arsenopirita concentrada	-45+20	80	0,86	2,39
Pequiza	XGMAG	GXN MAG+Arsenopirita concentrada	-45+20	75	0,79	2,84
Pequiza	XGMAG	GXN MAG+Arsenopirita concentrada	-45+20	85	0,15	2,57
Pequiza	XGMAG	GXN MAG+Arsenopirita concentrada	-45+20	50	0,31	4,52
Pequiza	XGMAG	GXN MAG+Arsenopirita concentrada	-45+20	75	0,15	1,83
Pequiza	XGMAG	GXN MAG+Arsenopirita concentrada	-45+20	65	0,03	1,36
Pequiza	XGMAG	GXN MAG+Arsenopirita concentrada	-45+20	65	0,95	3
Pequiza	XGMAG	GXN MAG+Arsenopirita estrada	-45+20	185	0,17	1,72
Pequiza	XGMAG	GXN MAG+Arsenopirita estrada	-45+20	120	0,36	3,42
Pequiza	XGMAG	GXN MAG+Arsenopirita estrada	-45+20	120	0,03	1,2
Pequiza	XGMAG	GXN MAG+Arsenopirita estrada	-45+20	60	0,06	1,33
Pequiza	XGMAG	GXN MAG+Arsenopirita estrada	-45+20	35	0,46	1,34
Pequiza	XGMAG	GXN MAG+Arsenopirita estrada	-45+20	65	0,63	0,81
Pequiza	XGMAG	GXN MAG+Arsenopirita estrada	-45+20	90	0,10	1,15
Pequiza	XGMAG	GXN MAG+Arsenopirita disseminada	-45+20	145	0,07	1,32
Pequiza	XGMAG	GXN MAG+Arsenopirita disseminada	-45+20	100	1,73	1,11
Pequiza	XGMAG	GXN MAG+Arsenopirita disseminada	-45+20	85	0,03	1,65
Pequiza	XGMAG	GXN MAG+Arsenopirita disseminada	-45+20	30	0,05	0,37
Pequiza	XGMAG	GXN MAG+Arsenopirita disseminada	-45+20	60	0,07	0,51
Pequiza	XGMAG	GXN MAG+Arsenopirita disseminada	-45+20	90	0,89	2,11
Pequiza	XGMAG	GXN MAG+Arsenopirita disseminada	-45+20	85	0,24	0,78
Pequiza	XGMAG	GXN MAG+Arsenopirita disseminada	-45+20	55	0,06	2,84
Pequiza	XGMAG	GXN MAG+Arsenopirita disseminada	-45+20	55	0,26	0,89
Pequiza	XGMAG	GXN MAG+Arsenopirita disseminada	-45+20	50	0,28	1,31
Pequiza	XGMAG	Quartzo	-45+20	30	0,03	0,01
Pequiza	XGMAG	Quartzo	-45+20	25	0,03	0
Pequiza	XGMAG	Quartzo	-45+20	25	0,05	0
Pequiza	XGMAG	Quartzo	-45+20	20	0,09	0,03
Pequiza	XGMAG	Quartzo	-45+20	15	0,03	0
Pequiza	XGMAG	Quartzo FUME+Pirita	-45+20	60	0,09	0,08
Pequiza	XGMAG	Quartzo FUME+Pirita	-45+20	70	0,03	0,06
Pequiza	XGMAG	Quartzo FUME+Pirita	-45+20	55	0,03	0,01
Pequiza	XGMAG	Quartzo FUME+Pirita	-45+20	50	0,03	0,08
Pequiza	XGMAG	Quartzo FUME+Pirita	-45+20	50	0,03	0,02
Pequiza	XGMAG	Quartzo FUME+Pirita	-45+20	50	0,03	0,03
Pequiza	XGMAG	Quartzo FUME+Pirita	-45+20	120	0,03	0,03
Pequiza	XGMAG	GXN+Quartzo+Arsenopirita concentrada	-45+20	135	0,52	0,94
Pequiza	XGMAG	GXN+Quartzo+Arsenopirita concentrada	-45+20	60	0,45	1,79
Pequiza	XGMAG	GXN+Quartzo+Arsenopirita concentrada	-45+20	75	0,53	0,4
Pequiza	XGMAG	GXN+Quartzo+Arsenopirita concentrada	-45+20	70	2,43	0,81
Pequiza	XGMAG	GXN+Quartzo+Arsenopirita concentrada	-45+20	60	0,35	1,24
Pequiza	XGMAG	GXN+Quartzo+Arsenopirita concentrada	-45+20	55	0,24	1,29
Pequiza	XGMAG	GXN+Quartzo+Arsenopirita disseminada	-45+20	235	0,03	0,35
Pequiza	XGMAG	GXN+Quartzo+Arsenopirita disseminada	-45+20	145	0,15	0,98
Pequiza	XGMAG	GXN+Quartzo+Arsenopirita disseminada	-45+20	115	2,52	1,25
Pequiza	XGMAG	GXN+Quartzo+Arsenopirita disseminada	-45+20	140	0,03	0,39
Pequiza	XGMAG	GXN+Quartzo+Arsenopirita disseminada	-45+20	120	0,21	1,07
Pequiza	XGMAG	GXN+Quartzo+Arsenopirita disseminada	-45+20	80	0,18	1,65
Pequiza	XGMAG	GXN+Quartzo+Arsenopirita disseminada	-45+20	105	0,53	0,51
Pequiza	XGMAG	GXN+Quartzo+Arsenopirita disseminada	-45+20	60	0,03	0,41
Pequiza	XGMAG	GXN+Quartzo+Arsenopirita disseminada	-45+20	40	0,11	0,77
Pequiza	XGMAG	GXN+Quartzo+Arsenopirita disseminada	-45+20	60	0,05	0,9
Pequiza	XGMAG	GXN+Quartzo+Arsenopirita disseminada	-45+20	55	0,03	0,57
Pequiza	XGMAG	GXN+Quartzo+Arsenopirita disseminada	-45+20	105	0,03	0,64
Pequiza	XGMAG	GXN+Quartzo+Arsenopirita disseminada	-45+20	115	4,47	0,6
Pequiza	XGMAG	GXN+Quartzo+Arsenopirita disseminada	-45+20	70	12,04	0,3
Pequiza	XGMAG	GXN+Quartzo+Arsenopirita disseminada	-45+20	45	0,11	1,05
Pequiza	XGMAG	GXN+Quartzo+Arsenopirita disseminada	-45+20	75	0,03	0,9
Pequiza	XGMAG	GXN+Quartzo+Arsenopirita disseminada	-45+20	135	0,03	0,93
Pequiza	XGMAG	GXN+Quartzo+Arsenopirita disseminada	-45+20	120	0,69	1,37
Pequiza	XGMAG	GXN+Quartzo+Arsenopirita estrada	-45+20	110	0,43	1,24
Pequiza	XGMAG	GXN+Quartzo+Arsenopirita estrada	-45+20	115	0,10	1,02
Pequiza	XGMAG	GXN+Quartzo+Arsenopirita estrada	-45+20	70	0,03	1,44
Pequiza	XGMAG	GXN+Quartzo+Arsenopirita estrada	-45+20	60	8,94	0,89
Pequiza	XGMAG	GXN+Quartzo+Arsenopirita estrada	-45+20	40	0,33	0,88
Pequiza	XGMAG	GXN+Quartzo+Arsenopirita estrada	-45+20	40	0,09	1,13
Pequiza	XGMAG	GXN+Quartzo+Arsenopirita estrada	-45+20	125	0,18	1,67
Pequiza	XGMAG	GXN+Quartzo+Arsenopirita concentrada	-45+20	165	0,03	0,84
Pequiza	XGMAG	GXN+Quartzo+Arsenopirita concentrada	-45+20	85	0,09	0,94
Pequiza	XGMAG	GXN+Quartzo+Arsenopirita concentrada	-45+20	40	0,88	1,44
Pequiza	XGMAG	GXN+Quartzo+Arsenopirita concentrada	-45+20	80	0,08	0,94
Pequiza	XGMAG	GXN+Quartzo+Arsenopirita concentrada	-45+20	120	0,13	0,39
Pequiza	XGMAG	GXN+Quartzo+Arsenopirita concentrada	-45+20	45	0,56	1,4
Pequiza	XGMAG	GXN+Quartzo+Arsenopirita concentrada	-45+20	80	0,05	1,71
Pequiza	XGMAG	GXN+Arsenopirita disseminada	-45+20	145	0,03	0,42
Pequiza	XGMAG	GXN+Arsenopirita disseminada	-45+20	85	0,03	0,57
Pequiza	XGMAG	GXN+Arsenopirita disseminada	-45+20	90	0,03	0,58

