



Serviço Público Federal
Universidade Federal do Pará
Centro de Geociências
Trabalho de Conclusão de Curso

Mineralogia, petrografia, minerografia e geoquímica do gossan aurífero da Cutia, Carajás-PA.

Aluno: Fábio Henrique Garcia Domingos
Orientador: Prof. Dr. Márcio Dias Santos

RESUMO

O depósito aurífero do garimpo da Cutia faz parte do distrito cupro-aurífero da Serra Leste na Serra dos Carajás, cujos depósitos estão hospedados em rochas vulcano-sedimentares do *greenstone belt* Rio Novo, a norte das cidades de Parauapebas e Curionópolis, sudeste do Pará. Desde o final dos anos 80 o ouro vem sendo garimpado da cobertura de alteração do depósito da Cutia, encaixado em anfíbolitos alterados e afetados por cisalhamento rúptil-ductil. As rochas hospedeiras do minério secundário do depósito da Cutia correspondem a uma sequência gossânica. A zona oxidada do gossan compreende uma crosta ferruginosa superficial constituída por óxido/hidróxido de ferro e brechas com fragmentos de quartzo em uma matriz constituída por goethita e turmalina dravítica.

Atualmente o ouro está sendo retirado de uma zona de brechas, iniciada em torno de 30-35m de profundidade, onde a matriz tornou-se menos oxidada. Nestas brechas, a goethita é menos abundante, estão presentes malaquita, sericita e clorita, além de sulfetos (pirita e calcopirita), indicando tratar-se da zona de transição entre a zona oxidada superior e a zona reduzida inferior. Os cristais de pirita e calcopirita são reliquiares, pois encontram-se alterados para goethita e malaquita. A turmalina ocorre como agregados de microcristais prismáticos subédricos de coloração verde, as vezes constituindo bandas turmaliníferas de até 1cm de espessura alternadas com bandas de sericita + clorita + quartzo. O ouro ocorre normalmente em diminutas partículas (10 a 20mm) inclusas em goethita ou pirita.

A zona de transição caracteriza-se por uma associação mineral formada pela superposição de uma paragênese supergênica (malaquita + goethita) sobre uma paragênese primária (turmaina, sericita, clorita e sulfetos). A ocorrência de minerais primários nas brechas indica que as mesmas a rocha mãe da sequência gossânica, provavelmente formados por fraturamento relacionado às zonas de cisalhamento reconhecidas na área. A paragênese primária das brechas indica que estas rochas foram afetadas por alteração hidrotermal provavelmente relacionada a circulação fluidos favorecida pelo cisalhamento e brechação.

Neste trabalho foram analisadas 18 amostras em perfis da sequência gossânica para caracterizar quimicamente a zona oxidada. As amostras foram analisadas para: Fe_2O_3 , Al_2O_3 , SiO_2 , MgO , CaO , TiO_2 , P_2O_5 , Na_2O , K_2O e MnO . Os elementos traços analisados foram: Pb, Co, Cu, Ag, Zn e Au. Nos trabalhos de campo foram determinados 5 níveis seguintes (do topo para a base) dentro do perfil de amostragem: N0 (esp. 5m); N1 (esp. 4m); N2 (esp. 3m); N3 (esp. 10m) e N4 (esp.8m). Os elementos mais abundantes são Fe_2O_3 , Al_2O_3 e SiO_2 . Sendo os altos teores de Fe_2O_3 relacionados à goethita, os de SiO_2 relacionados a fragmentos de quartzo e os de Al_2O_3 devido à presença de sericita e de caolinita. O K_2O mostra teores baixos em relação ao Al_2O_3 , indicando que a sericita já foi parcialmente afetada pelo intemperismo, com lixiviação parcial do potássio que na estrutura dos filossilicatos é mais móvel que o alumínio. CaO , MgO e Na_2O apresentam baixos teores no perfil, não sendo significativos. As duas anomalias de P_2O_5 existentes, apesar do baixo *background*, podem ter relação com algum fosfato aluminoso (não identificado) durante o processo de gossanização. Os baixos teores de TiO_2 (0,4%) estão relacionados à pequena quantidade de titanita nas rochas. Os elementos Pb, Co, Cu e Zn apresentam-se empobrecidos no perfil gossânico em relação ao *clark* médio desses elementos na crosta continental segundo Laznicka 1985. No nível N3 ocorrem os maiores teores de Au, com valor médio de 15 ppm. O elemento Ag apresenta um teor médio de 5 ppm e uma anomalia de 35 ppm no nível N1. Essa anomalia provavelmente foi causada por uma estagnação no rebaixamento do nível freático durante o processo de gossanização.

Conclui-se que: trata-se quimicamente de um gossan clássico. A heterogeneidade dos teores químicos sugere irregularidades no rebaixamento do nível freático que levou à maturação do gossan e ao enriquecimento em ouro. Os dados ainda indicam que o ouro deve ser explorado preferencialmente à profundidade de 12 a 13 metros, onde estão contidos os maiores teores dentro da sequência gossânica.

AGRADECIMENTOS

À Deus, por todas as dificuldades e pelas oportunidades oferecidas para vencê-las.

À Universidade Federal do Pará e ao CNPq/PIBIC pela concessão de bolsa de Iniciação Científica que patrocinou este trabalho.

Ao Centro de Geociências pelo apoio e infra-estrutura disponibilizados para a realização deste trabalho.

Ao professor Márcio Dias Santos pela orientação e acompanhamento desde a iniciação científica até este trabalho final, além da grande amizade.

Ao professor Basile Kotschoubey pelo apoio incondicional durante o desenvolvimento do tema do trabalho e ao seu grande apoio intelectual e pessoal.

Aos professores funcionários do Centro de Geociências que representam a ferramenta mais importante encontrada por todos nós na realização dos nossos trabalhos.

Aos motoristas Afonso e Pompeu pelas idas e vindas ao campo sempre em segurança e com responsabilidade.

À Walmeire do Laboratório de Raios X pela valiosa ajuda durante as análises.

Aos funcionários da Oficina de Laminação do CG – seu Eduardo, Shirley e Ismael - pela sua paciência e qualidade trabalho mesmo que em condições desfavoráveis.

Aos meus colegas de turma Adriane (tiazinha), Aderson (tachi), Welka, Alessandro (percebe), Francileide (mulequinha), Francisco (tatu), Ediney (chupa cabras), Fhabio (slot) & Érica, Anderson (mike), Marcilene, Firmino (cara de agulha), Clíce, Daniele (kukinha), José de arimatéia (ganzo rei da vera) pelos momentos de aflição e a guerra de nervos compartilhada (foi difícil, mas conseguimos).

Aos demais companheiros e alunos do curso de Geologia que aprenderam ou aprenderão o nobre valor da amizade, humildade, companheirismo e colaboração.

Ào pessoal da cantina do CG por nos acolherem durante longas horas de papo nos cafés da tarde.

À tia Dedé pela calorosa recepção em seu estabelecimento durante os nossos momentos de lazer e descontração nas sextas-feiras

Aos meus pais, Ilis e Márcia e ao meu irmão Otávio (tchola) pelo apoio e afeto incondicionais.

A Fhabio (slot) e Francisco (tatu), amigos de todas as broncas e com quem troquei muitas idéias ao longo desses 5 anos.

À todos que de uma forma ou de outra contribuíram para a realização deste trabalho.

Muito obrigado

Índice

1. INTRODUÇÃO	1
2. CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL.....	2
2.1 Terrenos Granito-Greenstones (TGG) do Sul do Pará.....	3
2.2 Cinturão de Cisalhamento Itacaiúnas.....	5
2.3 Sedimentos de cobertura.....	7
2.4 Granitos Proterozóicos.....	7
3. GEOLOGIA DA ÁREA (SERRA LESTE).....	8
4. DEPÓSITO AURÍFERO DA CUTIA.....	12
4.1 Contexto Geológico	12
5. JUSTIFICATIVA DO TRABALHO	13
6. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:.....	14
7. METODOLOGIA E TÉCNICAS A SEREM UTILIZADAS	15
7.1 Metodologia de Campo	15
7.2 Metodologia de Laboratório.....	15
8. PETROGRAFIA DAS ROCHAS ENCAIXANTES E HOSPEDEIRAS	16
8.1 Rochas Hospedeiras	19
9. GEOQUÍMICA	27
9.1 Elementos Maiores	31
9.2 Elementos Menores.....	32
10. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	35
10.1 Petrográficas	35
10.2 Geoquímicas	37
11. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	39

1. INTRODUÇÃO

A região de Serra Leste na Serra dos Carajás, destaca-se não só pelos depósitos de ferro associados às vulcânicas máficas do Grupo Grão Pará, mas também pelos depósitos auríferos associados a uma seqüência denominada por Hirata et al. (1982) de *Greenstone Belt* Rio Novo, situado ao norte da cidade de Curionópolis, SE do estado do Pará. Os depósitos de Serra Pelada e da Cutia são os dois depósitos auríferos mais importantes da Serra Leste. O primeiro ocorre em meta-sedimentos de cobertura, controlado por dobramentos, enquanto que o último está hospedado em anfibolitos milonitizados e hidrotermalmente alterados, relacionado com zonas de cisalhamento.

2. CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL

A região de Serra Leste está inserida na Província Carajás (Amaral, 1984), correspondendo a borda sudeste do Cráton Amazônico (Figura 01). A Província Carajás compreende um núcleo arqueano cratônico mais antigo, constituído por Terrenos Granito-*Greenstones* e envolvidos por cinturões móveis mais jovens (Itacaiúnas, Médio Tapajós e Araguaia). O Cinturão Itacaiúnas é de idade arqueana superior (Costa *et al.*, 1995) e corresponde à parte norte da Província Carajás, enquanto que os cinturões Médio Tapajós e Araguaia são Proterozóicos e fazem limites com a província Carajás a oeste e a leste respectivamente.

2.1 Terrenos Granito-Greenstones (TGG) do Sul do Pará

Os TGGs do sul do Pará são constituídos por várias faixas de *greenstone belts* envolvendo ou envolvidas por corpos batolíticos de granitóides arqueanos e rochas granito-gnáissicas (DOCEGEO, 1988; Huhn *et al.* 1988).

As principais estruturas dos TGGs do sul do Pará, segundo Costa *et al.*(1995), são zonas de cisalhamento destrais de direção E-W, NW-SE e NE-SW, projetadas principalmente no domínio das rochas supracrustais (*greenstone belts*) e realçadas por duplexes transpressivos ao longo de suas direções.

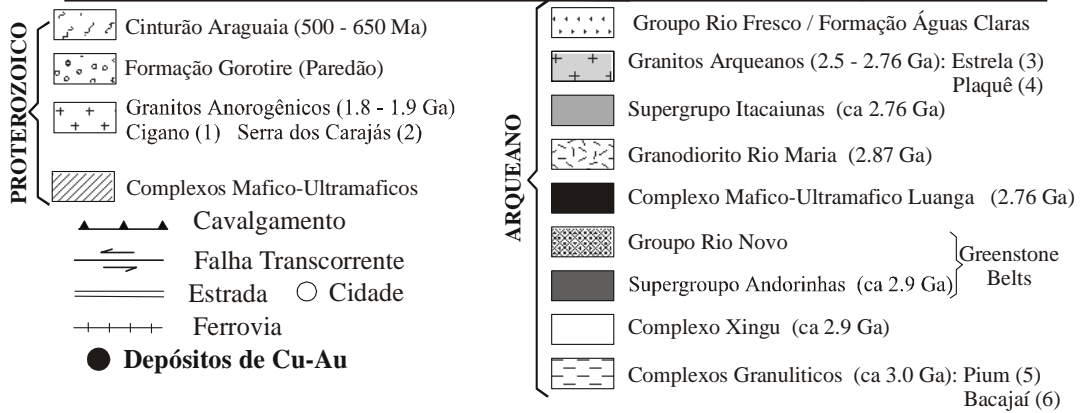
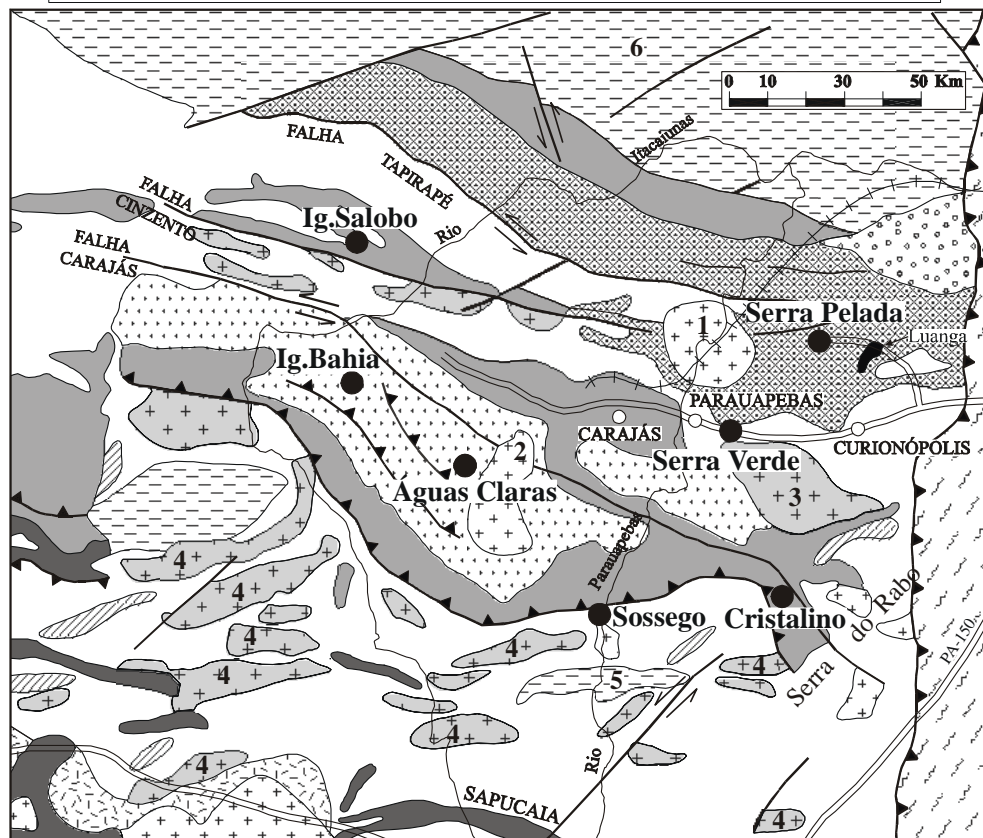
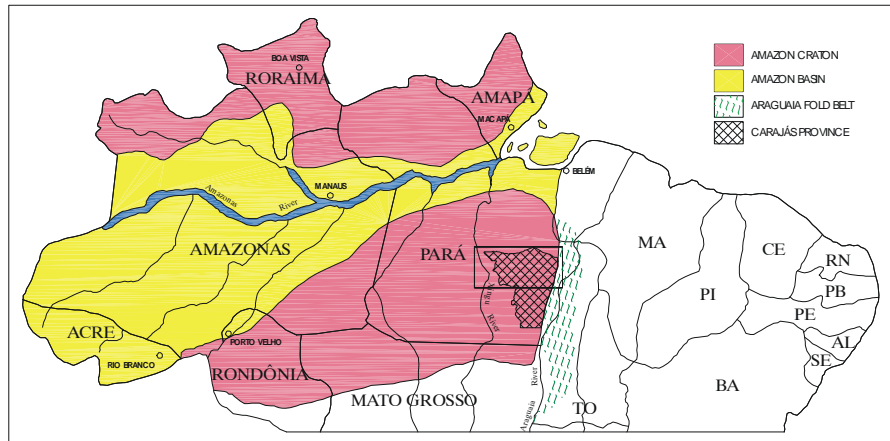


Figura 1- Cinturão Itacaiunas (adaptado de Schobbenhaus et al. 1981, Docegeo 1988 e Faraco et al. 1996).

As rochas gnáissicas são consideradas mais antigas que os *greenstone belts* e são incluídas nos Complexos Xingu e Arco Verde (DOCEGEO, 1988 e Althoff *et al.*1991).

Os *greenstone belts* foram incluídos no Supergrupo Andorinhas (DOCEGEO, 1988), constituído por dois grupos. O Grupo Babaçu (inferior) compreende derrames komatiíticos, metabasaltos, BIF, tufos, metapelito e metachert, enquanto que o Grupo Lagoa Seca (superior) é constituído por intercalações de rochas meta-sedimentares clásticas e metavulcânicas intermediárias, félsicas e ultramáficas.

Diversos corpos máfico-ultramáficos na forma de pequenos sills, ocorrem na Província Carajás, geralmente intrusivos nos *greenstone belts*, tais como os Complexos Luanga, Serra Azul, Puma e Onça (DOCEGEO, 1988).

Batólitos de granitóides arqueanos de configuração dômica arrasada compõem grande parte dos TGGs do sul do Pará. O mais expressivo desses corpos, o Granodiorito Rio Maria, foi definido como intrusivo no *greenstone belt* de Andorinhas (Medeiros, 1987), sendo já reconhecido batólitos do tipo Rio Maria cortando rochas dos *greenstone belts* de Gradaús e Tucumã (DOCEGEO, 1988). Outros plútons como o Trondhjemito Mogno, o Tonalito Parazônia e o Granito Xinguara ocorrem mais restritamente (DOCEGEO, 1988). O Granodiorito Cumarú é um pequeno *stock* desse grupo que corta o flanco sul do *greenstone belt* de Gradaús.

2.2 Cinturão de Cisalhamento Itacaiúnas

O Cinturão de Cisalhamento Itacaiúnas (CI) trunca os TGGs do sul do Pará, ao norte, compreendendo a área da Serra dos Carajás. Esse cinturão é constituído, segundo Costa *et*

al. (1995), por faixas ou lentes de rochas granulíticas do embasamento (Complexo Pium), de gnaisses granodioríticos migmatizados (Complexo Xingu), granitóides da Suíte Plaquê e de seqüências vulcano-sedimentares tipo *greenstone belt* mais jovens (Supergrupo Itacaiúnas).

A estruturação do Cinturão Itacaiúnas foi interpretada por Costa *et al.* (1995) como resultado de um evento termo-tectônico com movimentação oblíqua que deu origem a zonas de cisalhamento inicialmente de caráter tangencial (sistemas imbricados WNW-ESE), transmitidas de sul para norte, que evoluiu para movimentos direcionais (sistemas transcorrentes E-W). Em ambos os casos a progressão dos movimentos gerou duplexes que experimentaram transtensão seguida de transpressão, com inversão da seqüência. Mais recentemente, Pinheiro (1997) e Pinheiro & Holdsworth (1997) sustentam que o Supergrupo Itacaiúnas foi depositado em bacias intracratônicas e que a inversão causou somente dobramentos complexos e falhamentos transcorrentes sinistrais.

O Supergrupo Itacaiúnas forma as serras alinhadas de Carajás, sendo constituído por cinco grupos. A parte inferior deste supergrupo compreende um conjunto metavulcano-sedimentar de ambiente sobretudo exalativo (Grupos Igarapé Salobo e Pojuca), constituído de intercalações de rochas metavulcânicas máfico-intermediárias, metasedimentos clásticos, formação ferrífera maciça fácies óxido-silicato-sulfeto e BIF. A parte intermediária do Supergrupo Itacaiúnas é representada por uma seqüência vulcano-sedimentar denominada de Grupo Grão Pará, constituído por rochas vulcânicas basálticas intercaladas por um pacote de BIF na parte intermediária da seqüência. A parte superior do Sg. Itacaiúnas é representada por uma seqüência vulcano-sedimentar de baixo grau metamórfico (Grupo Igarapé Bahia) que ocorre na parte central da Serra dos Carajás, constituída por rochas metavulcânicas máficas com intercalações de BIF na base, passando para brechas e rochas metasedimentares clásticas com intercalações de rochas piroclásticas

félsica-intermediárias no topo. Na Serra de Buritirama ao norte de Carajás ocorre uma seqüência de quartzitos micáceos na base e micaxistos no topo (Grupo Buritirama), possivelmente também da parte superior do Supergrupo Itacaiunas (DOCEGEO, 1988).

2.3 Sedimentos de cobertura

As seqüências vulcano-sedimentares arqueanas dos TGG e do Cinturão Itacaiúnas são recobertas por uma seqüência plataformal, essencialmente clástica, de idade arqueana, pouco ou não metamorfisada. No TGG a cobertura sedimentar é denominada de Grupo Rio Fresco, constituído por uma seqüência transgressiva representada por rochas psamíticas na base (Formação Tucandera) e rochas pelíticas no topo (Formação Rio Naja). No C.I. os sedimentos de cobertura foram incluídos na Formação Águas Claras, constituída por uma seqüência regresiva com rochas pelíticas marinhas-costeiras na base passando para rochas psamíticas fluviais no topo (Nogueira et al. 1995).

2.4 Granitos Proterozóicos

Na Província Carajás um grande número de intrusões graníticas paleo proterozóicas, de caráter pós-tectônico ou anorogênico, corta as rochas do Complexo Xingu, Grupo Rio Fresco, Formação Águas Claras e dos Supergrupos Andorinas e Itacaiúnas (Dall'Agnol *et al.* 1984,1986,1987). Os maciços são de dimensões batolíticas como os Granitos Carajás,

Seringa, Gradaús e Redenção ou são stocks como os Granitos Borrachudo, São José, Velho Guilherme e Marajoara. Esses corpos são plutônicos, meta a paraluminosos, normalmente alcalinos (tipo A) e freqüentemente mineralizados a Sn e W. Datações U-Pb em zircões têm mostrado idades entre 1,85 a 1,88 Ga (Machado *et al.* 1991).

3. GEOLOGIA DA ÁREA DE SERRA LESTE

A terminação leste do Sistema Transcorrente Cinzento corresponderia, segundo Siqueira & Costa (1991), a uma estrutura denominada Rabo de Cavalo Serra Pelada relacionada a um episódio transpressivo sinistral, ligado a evolução arqueana do Cinturão Itacaiunas. No ano seguinte, Lab (1992) definiu esta estrutura como duplex transpressivo de Serra Pelada, relacionada a zona de cisalhamento dúctil ENE-WSW, contemporânea ao metamorfismo fácies xisto-verde baixo reconhecido nas rochas.

A região de Serra Leste (fig. 02) é representada litologicamente por uma seqüência vulcano sedimentar arqueana. O embasamento desta seqüência corresponderia, segundo Lab (1992), Lab & Costa (1995), ao Complexo Xingu constituído por gnaisses e anfibolitos cataclasados e milonitizados que ocorrem amplamente envolvendo as rochas supracrustais vulcano-sedimentares ao norte, leste e sul.

A seqüência vulcano-sedimentar arqueana de Serra Leste, denominada de *Suite Metamórfica Grão-Pará* por Souza et al. (1982) e Jorge João et al. (1982), foi definida por Hirata et al. (1982) como *Greenstone Belt* Rio Novo, sendo constituído por rochas meta-ultramáficas, meta-vulcânica-máficas, anfibolitos e formações ferríferas.

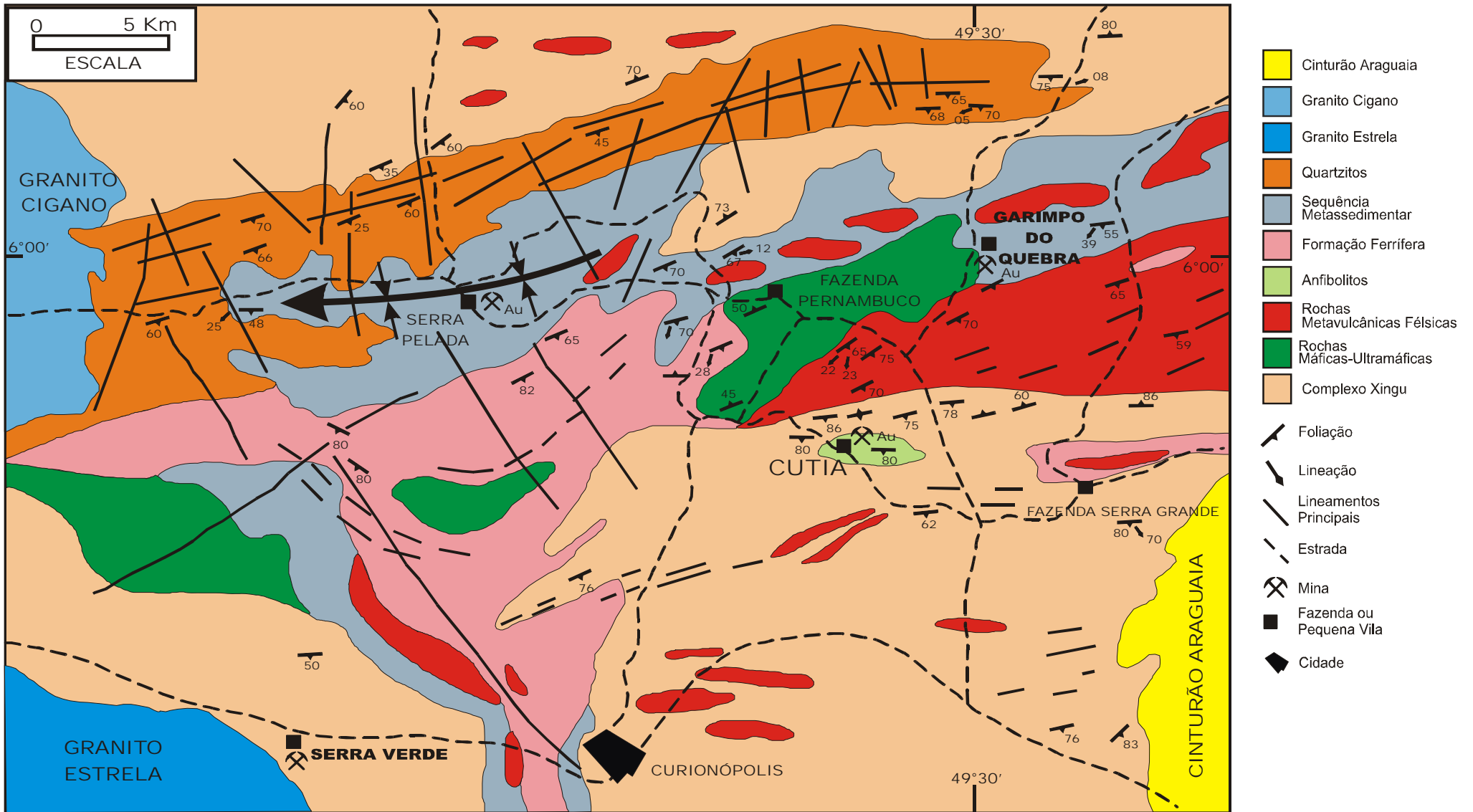


Figura 2 - Mapa geológico da região de Serra Leste, modificado de Pinheiro (1997)

Recobrando as rochas do *greenstone belt*, considerado por Meireles et al. (1982) como embasamento da área, Silva et al.(1981) descreveram uma seqüência psamo-pelítica que hospeda a jazida aurífera de Serra Pelada. Esta seqüência foi denominada por Jorge João et al. (1982) de Formação Serra Pelada. Meireles et al. (1982) correlacionaram esta seqüência ao Grupo Rio Fresco, que seria constituído na base por meta-conglomerados e meta-arenitos-conglomeráticos, passando para meta-arenitos e quartzitos, meta-pelitos (cinza, preto e vermelho) e brechas.

Lab (1992) englobou todo o conjunto de *greenstone belt* e meta-sedimentos em uma única unidade denominada de Grupo Rio Novo. Estes autores consideram os meta-sedimentos como pertencentes ao topo do *greenstone* e não ao Grupo Rio Fresco. Pinheiro & Holdsworth (1995) e Pinheiro (1997) correlacionaram os meta-sedimentos ao Grupo Igarapé Pojuca, em função da semelhança e continuidade litológica entre as duas unidades ao logo do Lineamento Cinzento.

A leste de Serra Leste, Lab (1992) refere-se ao Granito Cigano, um batólito Proterozóico e anorogênico que corta o Grupo Rio Novo. Cortando todas as unidades da área, ocorrem corpos gabróicos em fraturas com direção NW (Silva et al. 1981, Meireles et al. 1982) e diques de diabásio Juro-cretáceos (Jorge João et al. 1982).

No contexto estrutural, Silva et al. (1981) mencionaram que o traço estrutural mais evidente na região de Serra Leste é a foliação metamórfica de mergulho em torno de 35° para SE e NW, muito bem exposta na seqüência vulcano-sedimentar. Um esforço compressivo de direção aproximadamente NE/SW causando dobramentos de eixo E-W e fraturas cisalhantes NE-SW e NW-SE, expressivo principalmente nas rochas do *greenstone*, é citado por Souza et al. (1982). Estes mesmos autores acreditam que reativações autônomas de plataforma tenham sido responsáveis pelo metamorfismo dinâmico a que esta unidade foi submetida, bem como pela remobilização e concentrações

auríferas nas zonas de fraturas. Tais reativações acompanhariam as manifestações magmáticas representadas pelos diques básicos.

Segundo Meireles et al. (1982), as rochas sedimentares que contém ouro na Serra Leste estão dobradas e intensamente falhadas, com metamorfismo incipiente. A seqüência meta-sedimentar possuiria duas fases de deformação; a primeira denominada F1, compreende dobras assimétricas reversas, com eixo caindo para oeste. Esta primeira fase de deformação representa o dobramento principal, contemporâneo ao metamorfismo regional. A Segunda fase de deformação (F2) corresponde a dobras ondulatórias com direção N-S e perpendicular a F1. A seqüência Rio Novo possui uma xistosidade bem desenvolvida que corresponde a uma segunda fase de deformação (F2). As fases de deformação F1 e F3 corresponderiam, respectivamente, a padrões de interferência em mini dobras tipo F2 e ondulações, crenulações e *kink bands* (Meireles et al. 1982).

Jorge João et al. (1982) apontam a presença de xistosidade de direção NW-SE e mergulho de 35° para SE, falhas NW-SE e NE-SW e atuação de metamorfismo dinâmico confinado à área mineralizada, além de intensivo e extensivo desenvolvimento de clivagens de fratura com a xistosidade desenvolvendo uma visível crenulação.

Lab (1992) ao definir o duplex transpressivo de Serra Pelada descreve uma estrutura elíptica alongada na direção ENE-WSW, formada por duas zonas de cisalhamento principais, que marcam o limite norte e sul do duplex, e que interagem através de zonas de cisalhamento secundárias. As rochas do Grupo Rio Novo estariam limitadas à área do duplex, depositadas em condições de transtensão, ou a existência de uma ampla bacia extensional. As zonas de cisalhamento foram desenvolvidas por um processo de transpressão e representariam cavalgamentos.

Pinheiro & Holdsworth (1995) descrevem dobramentos em diferentes escalas nas rochas meta-sedimentares. Seriam dobras fechadas a isoclinais, reclinadas a

moderadamente inclinadas. As rochas estariam localizadas no flanco invertido de uma dobra reversa maior, apontando para o N, com eixo caindo para SW-SWS em baixo ângulo e com plano axial mergulhando também com baixo ângulo para SW. Verificaram, também, a presença de clivagem tipo ardosiana disposta transversalmente ao plano axial das dobras, com sentido horário, sugerindo a atuação de um modelo deformacional transpressivo sinistral na região.

O depósito de Serra Pelada foi referido por Tallarico et al. (2000) como um depósito de Au (Pd – Pt) hospedado em rochas sedimentares. Estes autores caracterizaram o depósito como do tipo saddle-reef invertido, ocorrendo na charneira de uma sinclinal recumbente. A mineralização ocorre principalmente em meta-siltitos carbonosos em contato com margas dolomíticas e um nível de jasperóide com até 50m de espessura.

4. DEPÓSITO AURÍFERO DA CUTIA

4.1 Contexto Geológico

O depósito da Cutia, objeto deste trabalho, foi descoberto por garimpeiros e tornou-se um garimpo muito ativo no final dos anos 80. A necessidade de aprofundamento das cavas e até a construção de shafts e galerias (com mais de 40m de profundidade) reduziu as atividades do garimpo, mas ainda não atingiu o minério primário. O ouro está sendo explotado atualmente de uma seqüência gossânica.

A rocha encaixante da seqüência gossânica é um anfibolito deformado e hidrotermalizado associado com cataclasitos e milonitos e envolvido por graisses e

granitóides do Complexo Xingu. O anfibolito exhibe uma foliação milonítica de direção NE-SW e mergulho médio de 85° para SE.

As falhas encontradas são predominantemente normais com direção N-S, enquanto que falhas de direção E-W também mostram componentes de movimentação direcional sinistral, indicada por veios de quartzo assimétricos paralelos à foliação. As fraturas são abundantes, cortando as rochas tanto subparalela como perpendicularmente à foliação. Diques de diabásio ocorrem cortando rochas adjacentes ao depósito. Um desses diques está orientado N-S com mergulho acentuado (>80°) para E.

Veios de quartzo sulfetados, precariamente expostos no garimpo da Cutia, provavelmente representam porções da rocha mãe da seqüência gossânica. São veios de quartzo + pirita com espessura milimétrica a centimétrica, as vezes na forma de drusas de quartzo leitoso. Os veios ocorrem em fraturas de extensão ou paralelamente à foliação principal.

5. JUSTIFICATIVA DO TRABALHO

O depósito de Serra Leste representa um importante distrito mineral da Província Carajás, pois além de ocorrer importantes depósitos de ferro, ocorrem importantes depósitos auríferos como o depósito de Serra Pelada e do Garimpo da Cutia, que despertaram uma verdadeira corrida do ouro (de garimpeiros) para Serra Pelada no início dos anos 80. Entretanto só recentemente este depósito está sendo estudado e avaliado mais criteriosamente para um programa de lavra pela Companhia Vale do Rio Doce. Os dados acumulados até o momento, não permitiram ainda estabelecer um modelo genético para os depósitos de Serra Pelada e da Cutia.

Este trabalho pretende avançar na questão do esclarecimento da gênese do depósito da Cutia.

A definição de modelos genéticos consistentes para os depósitos minerais são muito importantes não só no contexto acadêmico, mas também no campo prático, pois é a partir desses modelos que se estabelecem estratégias de prospecção mineral e, por outro lado, as características específicas de um depósito, sustentadas em um modelo genético, são dados muito importantes para um projeto de mineração.

6. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Realizar um estudo mineralógico do minério
- Caracterizar petrograficamente as rochas alteradas que hospedam a mineralização
- Compreender o processo de gossanização do referido depósito
- Caracterizar a atividade hidrotermal
- Descrever perfis selecionados que englobem todas as porções da sequência gossânica e caracterizá-los quanto a sua composição geoquímica para determinar a composição e o teor do minério de cada nível que compõe a sequência gossânica e propor um modelo geoquímico para tentar explicar a origem das mineralizações.

7. METODOLOGIA E TÉCNICAS A SEREM UTILIZADAS

7.1 Metodologia de Campo

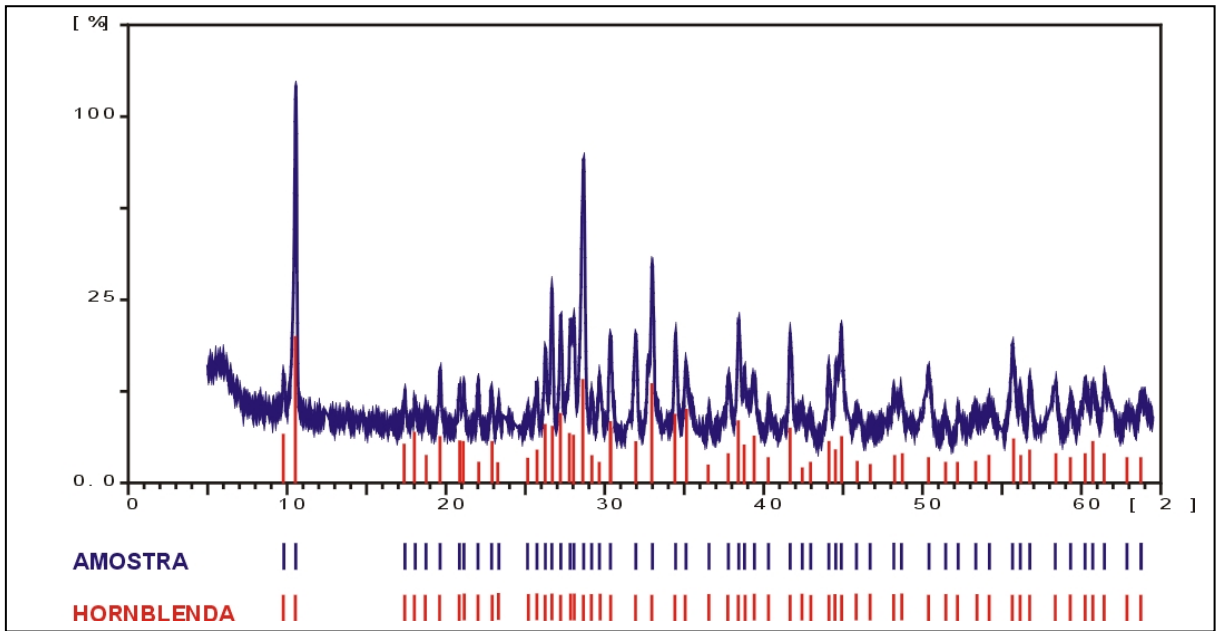
- Coleta de amostras
- Elaboração de perfis

7.2 Metodologia de Laboratório

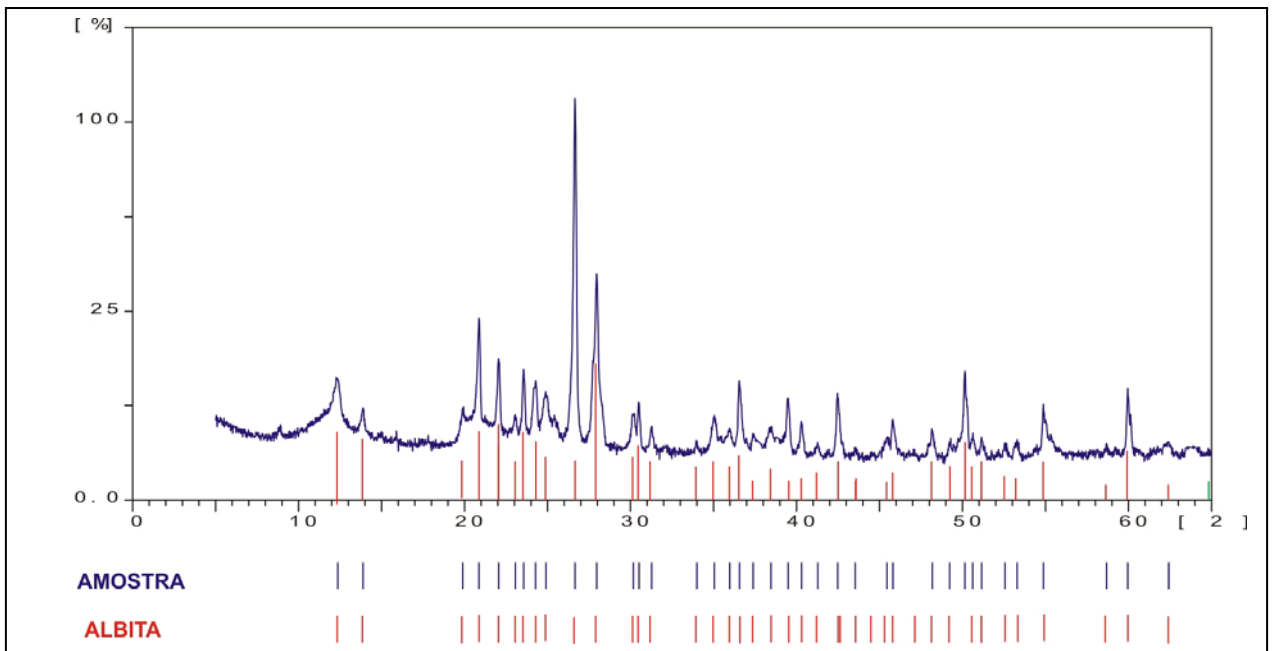
- Descrição macroscópica das amostras com o auxílio de uma lupa binocular
- Preparação das amostras para difração de raios-x através de pulverização em grau de ágata, obtendo aproximadamente 100 mg de pó.
- Difração de raios-x para determinação de minerais em um difractor PHILIPS modelo 1050 e 3020.
- Interpretação dos difratogramas de raios-x utilizando o *software* APD da PHILIPS
- Seleção de Amostras para laminação
- Confecção de lâminas delgadas e seções polidas
- Descrição microscópica com luz transmitida das seções delgadas (minerais transparentes) e com luz refletida das seções polidas (minerais opacos)
- Preparação das amostras para análise química envolvendo os seguintes processos: trituração e pulverização das amostras com o auxílio de um triturador de mandíbula, *shatter box* e pulverizador de ágata e a separação de uma alíquota de 60 gramas de cada amostra através de quarteamento.
- Tratamento dos dados químicos para elaboração de diagramas

8. PETROGRAFIA DAS ROCHAS ENCAIXANTES E HOSPEDEIRAS

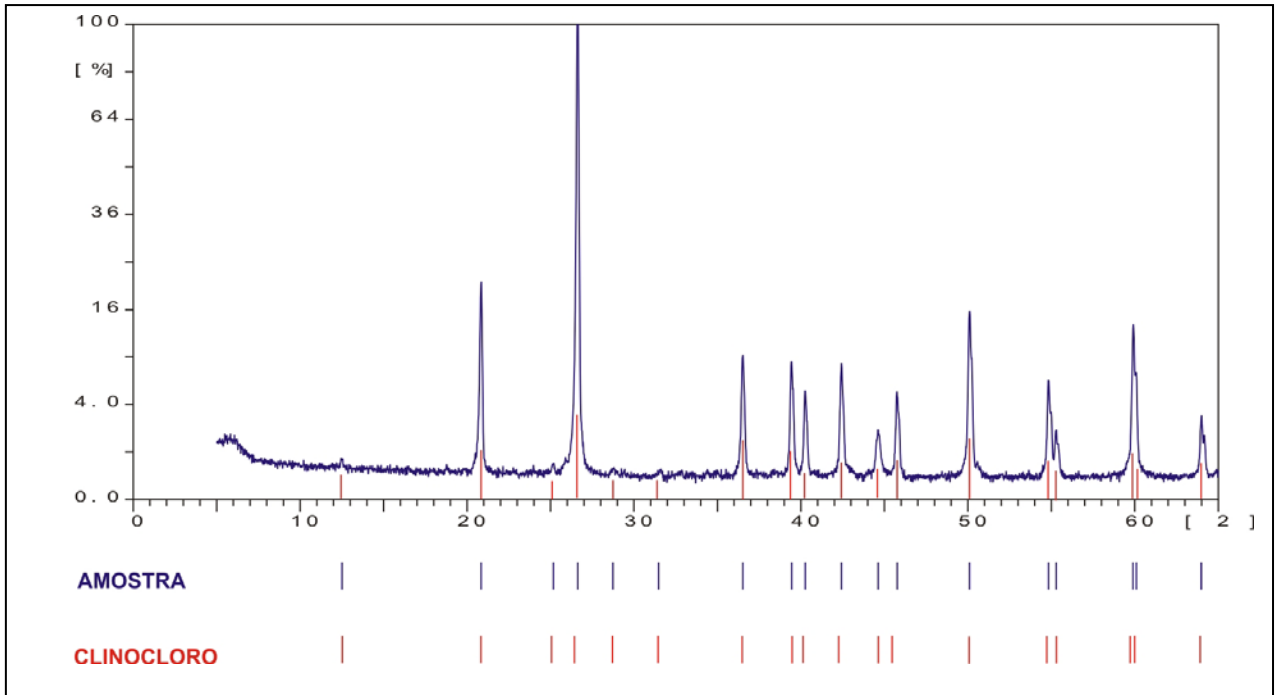
Os anfíbolitos são as rochas encaixantes da seqüência gossânica, não apresentando indícios de mineralização. As rochas apresentam-se intensamente alteradas, mas algumas porções ainda preservam as texturas e minerais da rocha primária. Mineralogicamente, os anfíbolitos são constituídos de hornblenda (difratograma 1), plagioclásio-albita (difratograma 2) e quartzo sendo que em menor quantidade ocorre epidoto, clorita (difratograma 3), sericita (difratograma 4), titanita e leucoxênio. A hornblenda apresenta-se como microcristais anédricos fraturados compreendendo em torno de 50-60% da rocha. Em alguns cristais notam-se inclusões de quartzo, plagioclásio e titanita. O plagioclásio ocorre como microcristais anédricos e com extinção ondulante, correspondendo em torno de 35-40% da rocha. O quartzo ocorre na forma de grãos submilimétricos com extinção ondulante, ou menos freqüentemente como agregados de subgrãos recristalizados, representando pouco mais de 10% da rocha. A titanita apresenta-se como microcristais anédricos, as vezes inclusa na hornblenda e não raramente alterada para leucoxênio. Os minerais epidoto, clorita e sericita são produtos da alteração dos minerais primários do anfíbolito. Predomina a alteração pervasiva, mas algumas vênulas de epidoto ocorrem cortando os anfíbolitos. A clorita provém da alteração da hornblenda, enquanto que epidoto e sericita são produtos da alteração do plagioclásio.



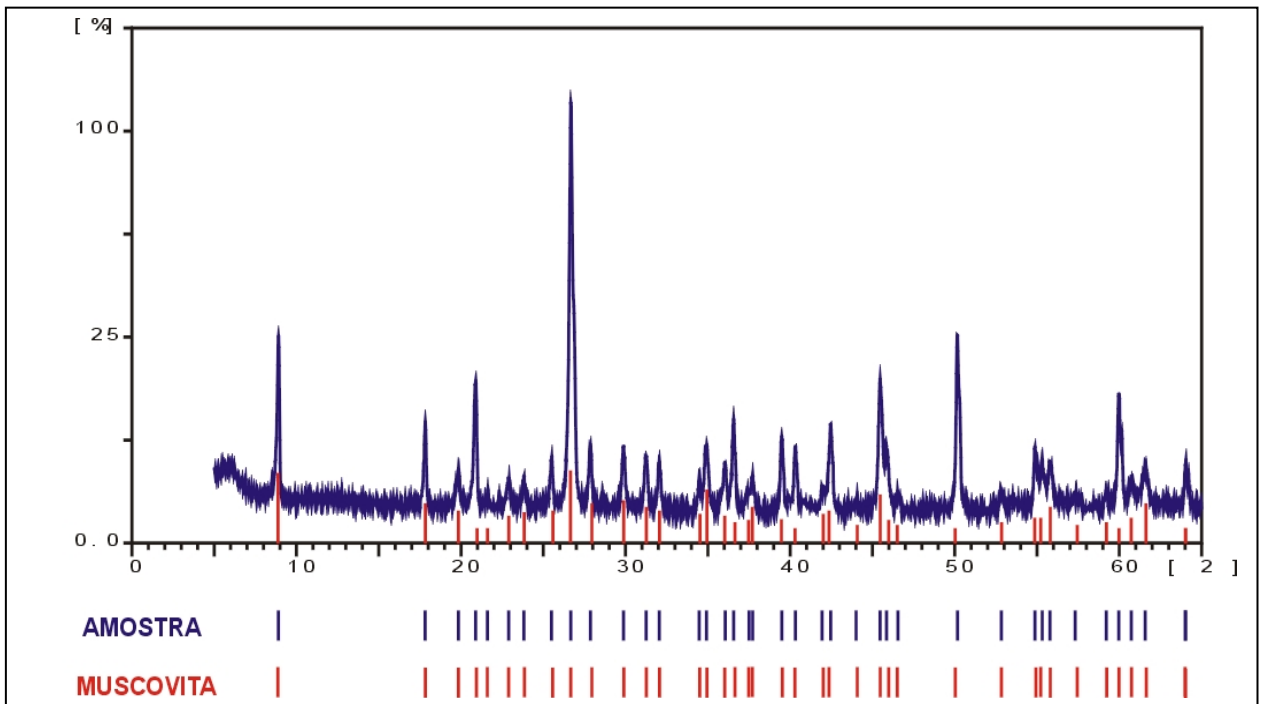
Difratograma 1: padrão difratométrico da hornblenda.



Difratograma 2: padrão difratométrico da albite.



Difratograma 3: padrão difratométrico da clorita (clinocloro).

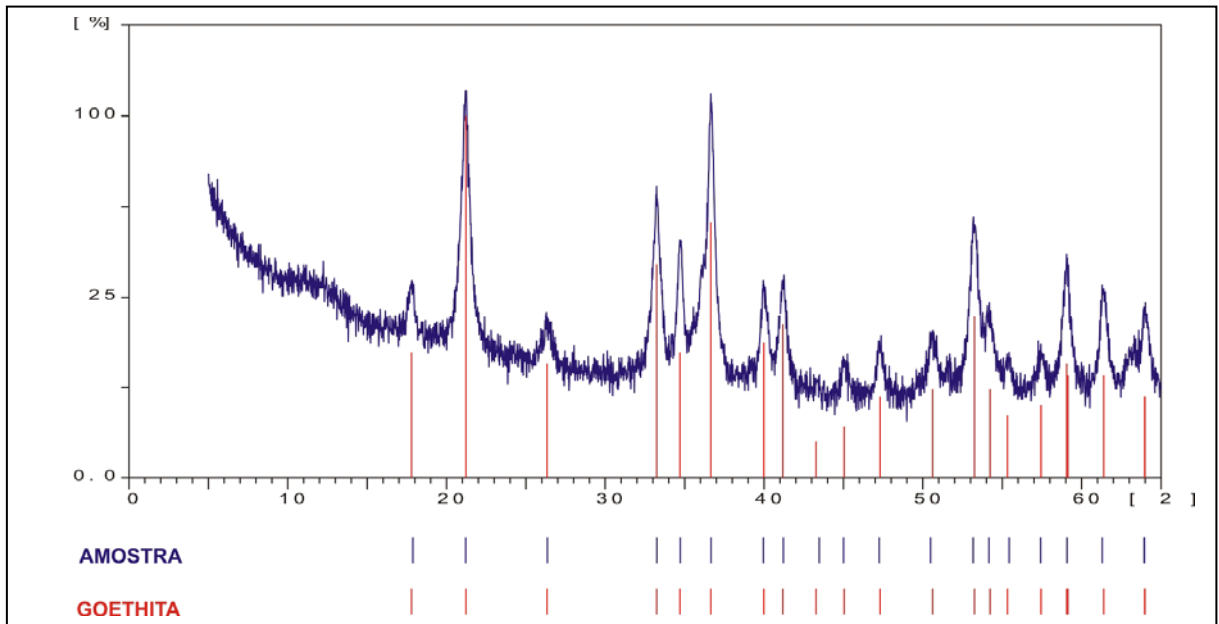


Difratograma 4: padrão difratométrico da muscovita (sericita).

8.1 Rochas Hospedeiras

As rochas que hospedam a mineralização aurífera secundária no garimpo da Cutia corresponde a uma seqüência gossânica, onde podem ser reconhecidas três partes de cima para baixo: crosta ferruginosa, brecha com goethita e brecha com sulfetos. As duas primeiras partes, com óxido/hidróxido de ferro, representam a zona oxidada, enquanto que as brechas com sulfetos correspondem à zona de transição entre a zona oxidada superior e a zona redutora inferior (ainda não alcançada pelos trabalhos do garimpo).

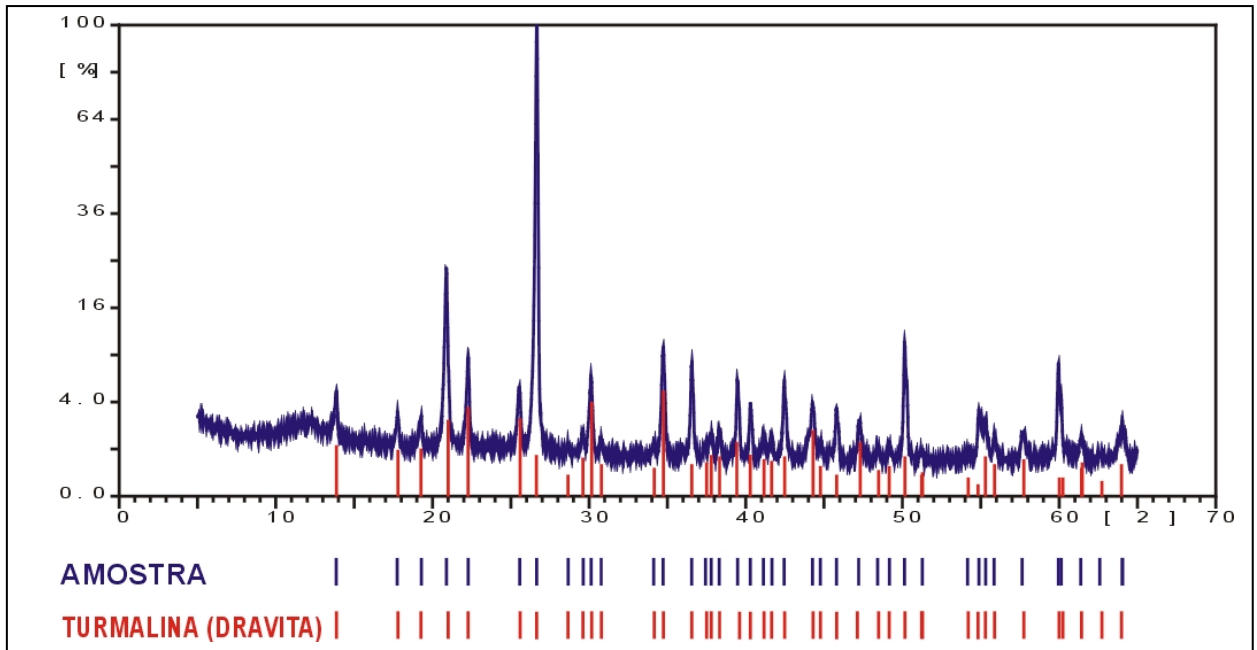
A porção superior da zona oxidada corresponde a uma crosta ferruginosa compacta de coloração marrom, constituída predominantemente por óxido/hidróxido de ferro (principalmente goethita) (difratograma 5) que foi precipitado a partir de soluções supergênicas que estavam percolando as rochas. A goethita forma porções maciças ou cavernosas ou, mais raramente, franjas envolvendo fragmentos de outros minerais, principalmente quartzo (fig. 3 e 4).



Difratograma 5: padrão difratométrico da goethita.

Não foi encontrado ouro na crosta ferruginosa, talvez porque as porções mineralizadas dessa rocha tenham sido já exauridas pela atividade dos garimpeiros.

Abaixo da crosta ferruginosa, ocorre uma rocha brechada e oxidada, constituída por fragmentos de quartzo imersos em uma matriz de turmalina e goethita (fig. 5). Em algumas porções dessa brecha os fragmentos de quartzo são bem angulosos e de tamanho centimétrico e em outras porções os fragmentos são intensamente fraturados e recristalizados, formando uma “farinha” de grãos milimétricos (fig. 6). Em ambos os casos, os fragmentos de quartzo são envolvidos por uma matriz constituída por diminutos cristais submilimétricos de turmalina dravítica (difratograma 6) e goethita que preenchem os espaços entre os fragmentos e pequenas fraturas. Diminutos grãos de ouro (5-10 μ m) foram encontrados em algumas porções destas brechas, envolvidos por goethita (fig. 7).



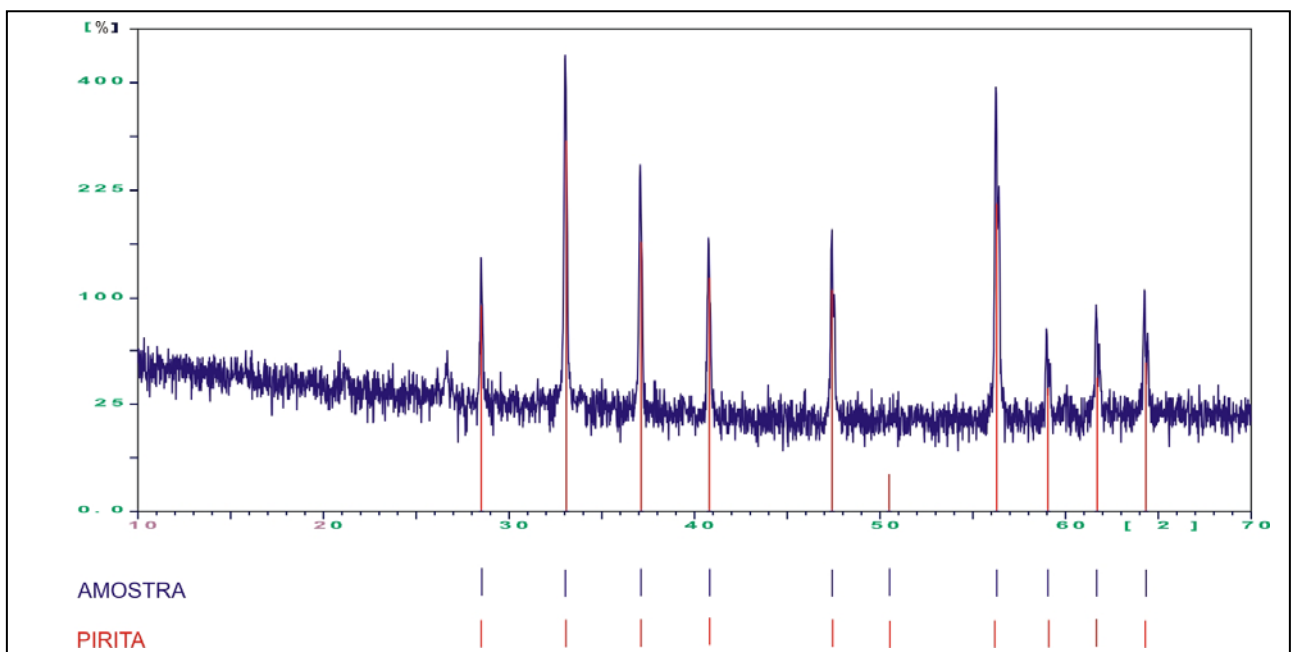
Difratograma 6: padrão difratométrico da turmalina.

A principal zona que está sendo minerada atualmente situa-se na parte inferior do gossan (a partir de 30-35m de profundidade), constituída por brechas de natureza hidrotermal que corresponde à zona de transição entre a zona oxidada superior e a zona redutora inferior (rocha mãe). Os fragmentos dessas brechas são essencialmente de quartzo, representando 40-60% da rocha. Os fragmentos de quartzo são bem angulosos e exibem extinção ondulante, e tamanhos variando de 1cm até dimensões submilimétricas, formando agregado de subgrãos recristalizados. Em algumas porções dessas brechas os fragmentos de quartzo apresentam-se mais alongados, sem arestas retilíneas e com tamanhos milimétricos, indicando que a deformação não foi francamente rúptil, havendo também, pelo menos localmente, algum componente dúctil.

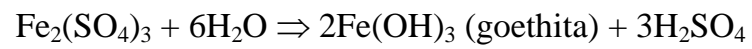
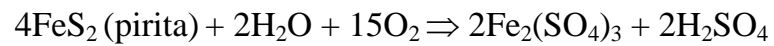
Os fragmentos de quartzo estão imersos em uma matriz constituída por turmalina, malaquita, sericita e clorita, além de sulfetos em menor quantidade. A turmalina apresenta-se como diminutos cristais subédricos prismáticos de coloração verde e composição

dravítica, formando agregados intersticiais aos fragmentos de quartzo (fig. 8). Algumas brechas da zona de transição apresentam-se bandadas com bandas de turmalina alternadas com bandas de sericita + clorita + quartzo, com espessuras de até 1cm (fig.9).

Os sulfetos reconhecidos nessas brechas são principalmente pirita (difratograma 7) e, mais raramente, calcopirita. Os cristais de pirita e calcopirita são reliquiares, pois encontram-se alterados para goethita e malaquita, por oxidação, conforme as reações abaixo. Nas piritas, esta alteração inicia-se nas bordas dos cristais avançando para a parte interior dos mesmos, isolando fragmentos reliquiares menores de pirita (fig. 10), até transformá-los completamente em goethita, as vezes preservando pseudomorfos de goethita com a forma cúbica original dos cristais de pirita (fig. 11). A goethita ocorre como cristais anédricos de coloração vermelho escuro a marrom, além de massas mal cristalizadas (plasma) de coloração variando do vermelho ao amarelo claro. Essa variação de cor está relacionada à quantidade de água introduzida na sua estrutura cristalina, ficando com coloração mais clara, até o amarelo, a medida que torna-se mais hidratada e com menor grau de cristalinidade.



Difratograma 7: padrão difratométrico da pirita.



Reação representando a oxidação de pirita para goethita

Cristais de calcopirita são mais raros, ocorrendo somente como diminutos cristais normalmente inclusos nas piritas. O ouro normalmente ocorre em partículas muito pequenas (10 a 20 μm) inclusas no plasma goethítico ou nos cristais de pirita em seus vários estágios de alteração para goethita (fig 12). Partículas de ouro visíveis a olho nu, com dimensões de até quase 1mm, ocorrem mais raramente (fig 13).

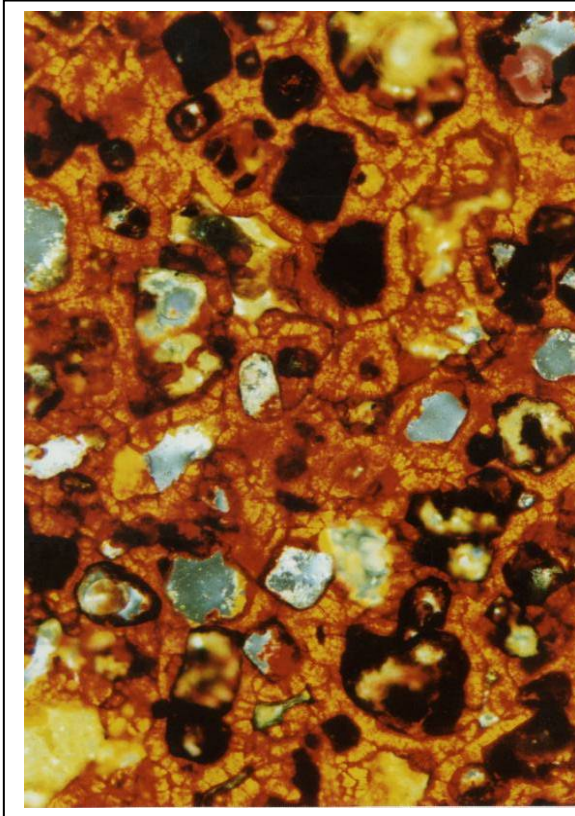


Figura 3- Franjas de goethita envolvendo cristais de quartzo e turmalina. Luz transmitida, nic. X obj. 5x

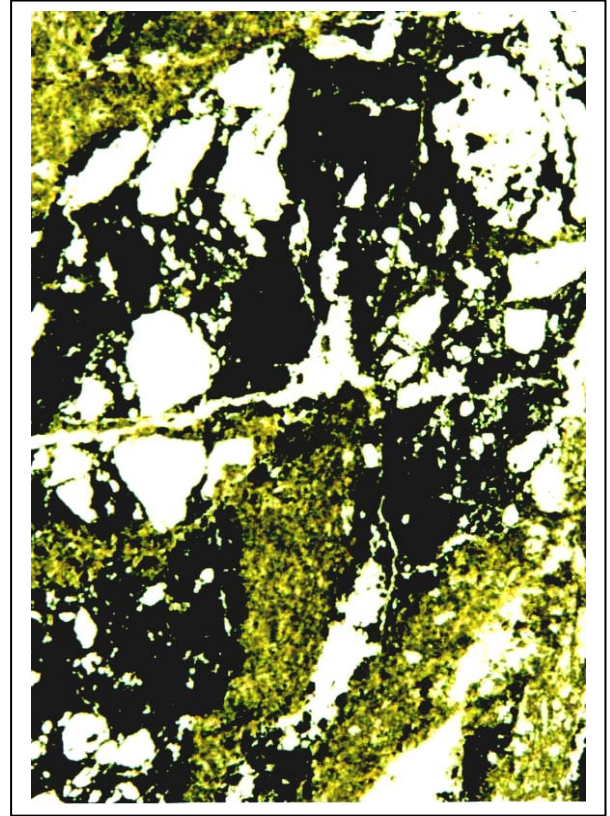


Figura 5- brecha hidrotermal oxidada constituída de quartzo + turmalina (verde) + goethita (preto). Luz transmitida nic // obj.2,5x

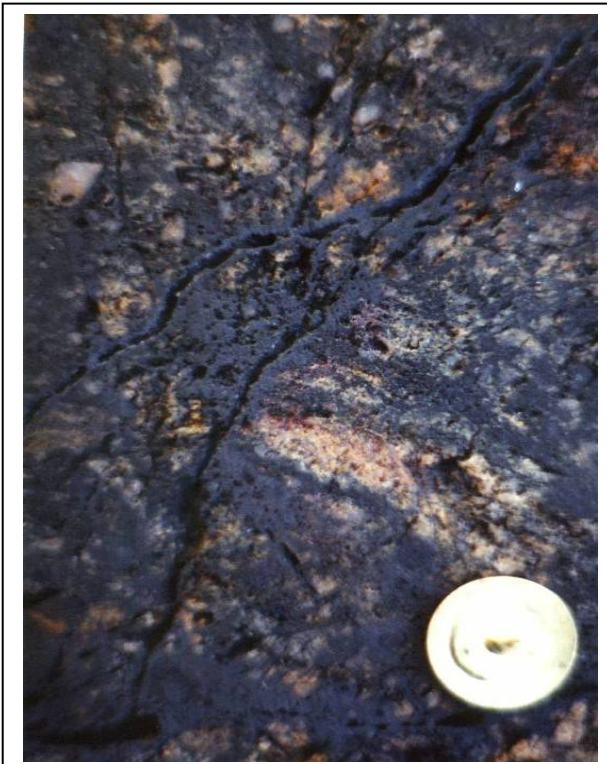


Figura 4- Crosta ferruginosa goethitica



Figura 6- cristais de quartzo de diferentes formas e tamanhos. Luz transmitida nic. X obj. 2.5x.

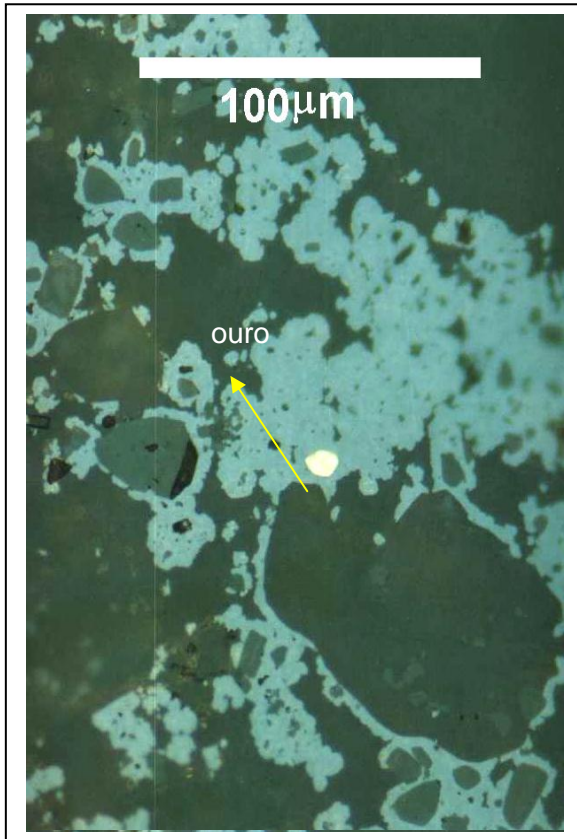


Figura 7- Ouro incluído em goethita. Luz refletida nic// obj.50x



Figura 9. brecha hidrotermal onde o fluido penetrou nos planos de fraqueza da rocha

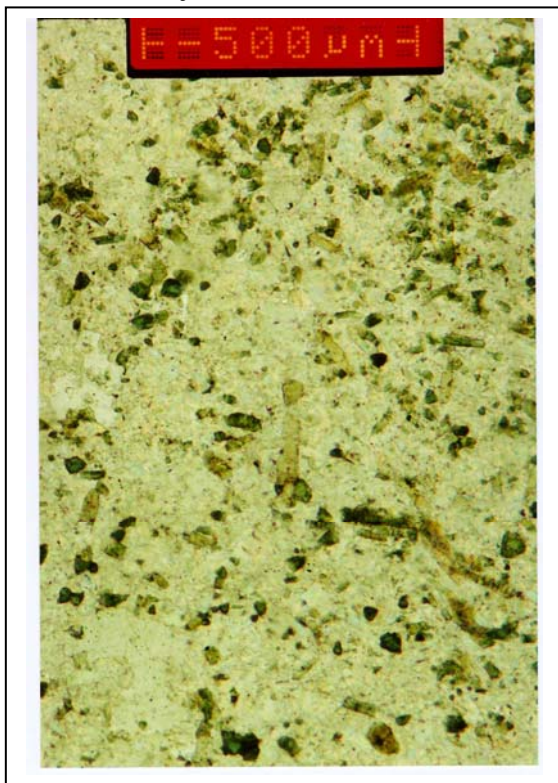


Figura 8: Cristais de turmalina prismática envolvidos por matriz sericitica (N// e Ob.10).

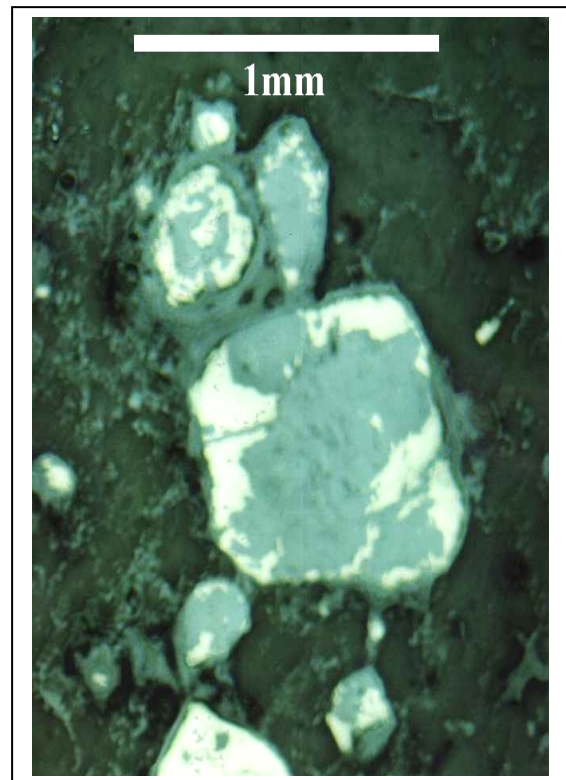


Figura 10: Cristais de pirita (amarelo) alterando para goethita. Luz refletida nic// obj.5x

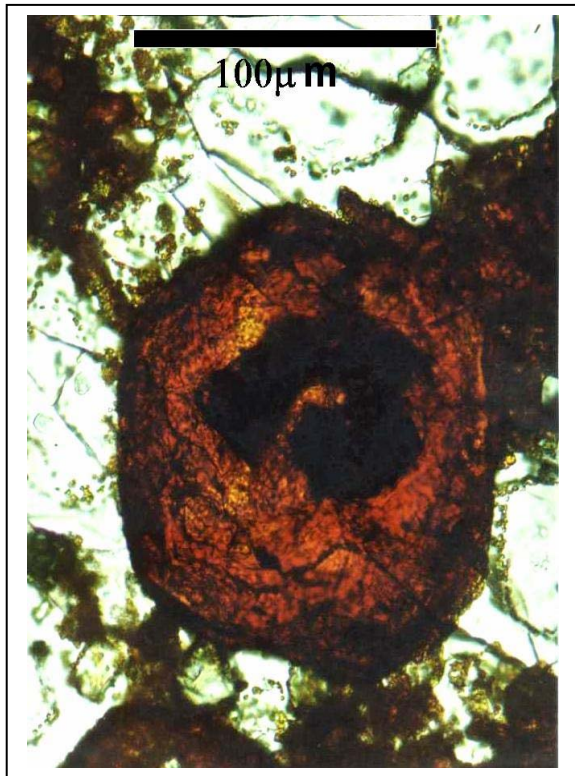


Figura 11: Cristal pseudomórfico de goethita (preto ao centro) e plasma goethítico (vermelho envolvendo). Luz transmitida nic// obj. 50x

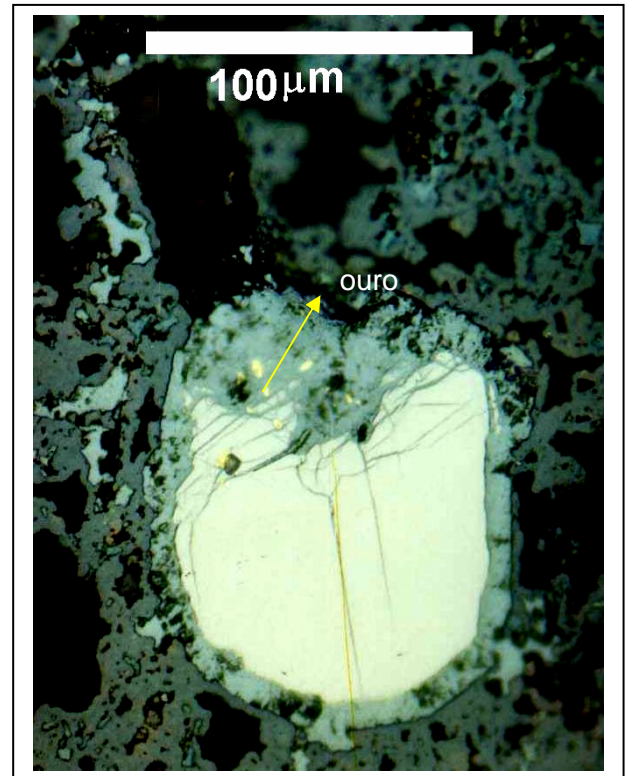


Figura 12: Ouro incluído em um cristal de pirita parcialmente alterado para goethita. Luz refletida nic// obj. 50x

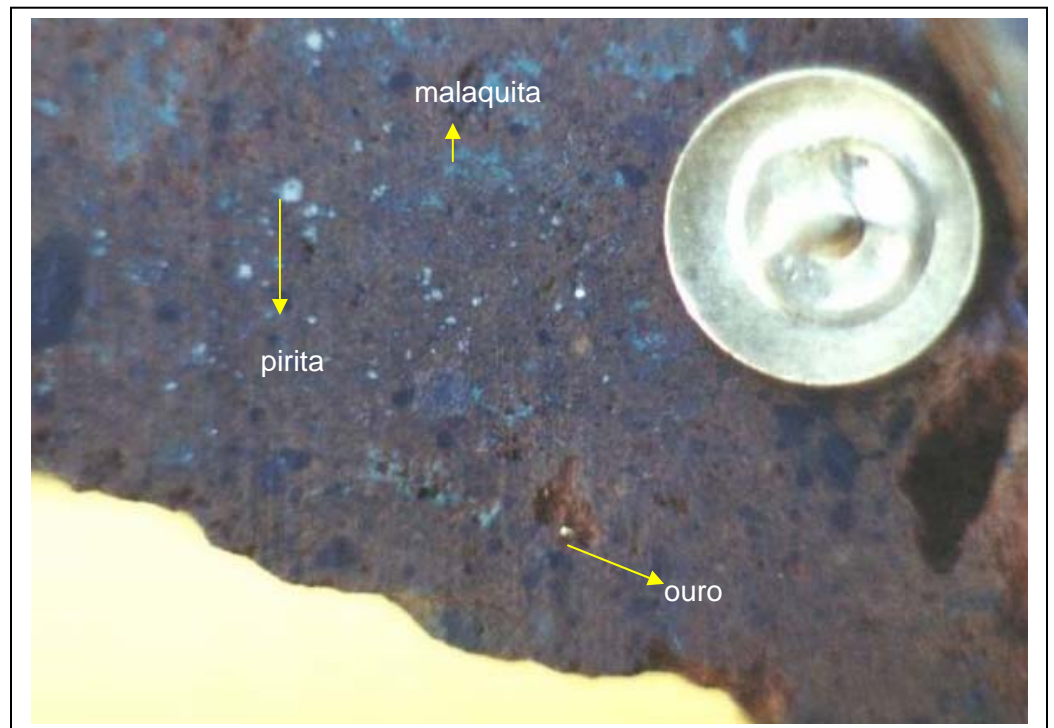


Figura 13- partícula de ouro na brecha

9. GEOQUÍMICA

Foram enviadas para realização de análises químicas no laboratório Lakefield Geosol (MG) 18 amostras representativas do perfil vertical da zona lixiviada da seqüência gossânica. As amostras foram analisadas para: Fe_2O_3 , Al_2O_3 , SiO_2 , MgO , CaO , TiO_2 , P_2O_5 , Na_2O , K_2O e MnO através de fluorescência de raios-x e perda ao fogo (P.F.) através de calcinação a 1000°C (tabela 1). Os elementos traços analisados foram: Pb , Co , Cu , Ag e Zn por digestão multiácida / absorção atômica e Au por “fire assay”/ absorção atômica.

Diagramas que representam a abundância dos elementos químicos ao longo do perfil vertical da zona oxidada (figuras 14 e 15) foram construídos e nesses diagramas estão representados 5 níveis dentro do perfil que foram estabelecidos durante os trabalhos de campo:

- N0 (e= 5m): nível formado predominantemente por rochas brechóides gossanizadas constituídas por turmalina (dravita), quartzo e goethita apresentando uma textura grossa. A goethita ocorre preenchendo fraturas e interstícios mostrando feições coliformes. Não há pseudomorfos de pirita. Essas rochas contém pouca quantidade de goethita e tem uma coloração marrom clara.
- N1 (e= 4m): nível formado por brecha turmalínifera gossanizada, composta por turmalina (dravita), quartzo e goethita. as rochas mostram numerosas cavidades e interstícios vazios. A goethita ocorre em quantidade muito menor que no nível N0, sob forma de pseudomorfos de pirita. Há quantidade diminuta de goethita plasmática em textura coliforme.
- N2 (e= 3m): um nível da brecha gossanizada como a presente no nível N1, apresentando porções com minerais micáceos alterados e parcialmente alterados para

caulinita. Essa porção do perfil mostra uma coloração mais amarelada em comparação às demais.

- N3 (e=10m): nível formado por brechas gossanizadas com textura muito fina compostosta por turmalina (dravita), quartzo e goethita; esta ultima em quantidade muito superior à dos demais níveis e estando intensamente presente tanto na forma de plasma goético formando feições coliformes quanto na forma de pseudomorfos de pirita. A rocha mostra inúmeros poros e interstícios vazios e coloração marrom escuro.
- N4 (e= 8m): nível composto pela brecha turmalínifera com textura grossa, praticamente sem o mineral goethita. Este por sua vez ocorre de maneira restrita e pontual. Há grande quantidade de caulinita nas rochas desse nível.

Tabela 01 – Composição química para os óxidos maiores do perfil da zona oxidada do gossan.

Amostra	Fe₂O₃ %	Al₂O₃ %	SiO₂ %	MgO %	CaO %	TiO₂ %	P₂O₅ %	Na₂O %	K₂O %	MnO %	P.F. %
GC27	4,6	4,5	86,9	0,64	0,07	0,41	0,072	0,22	0,32	< 0,01	1,3
GC28	3,4	2,3	92,3	0,26	0,07	0,03	0,047	< 0,10	0,16	0,01	1,22
GC29	34	5,7	55	1,1	0,12	0,42	0,056	0,44	0,03	0,01	1,72
GC30	29,3	12,3	47,1	2,5	0,19	0,32	0,6	0,79	0,05	0,04	5,01
GC31	6,7	10,1	76,8	2,1	0,19	0,34	0,044	0,65	0,04	< 0,01	1,47
GC32	6,9	12,2	65,8	2,1	0,18	0,18	0,041	0,69	0,23	4,7	3,86
GC33	5,7	10	66,3	2	0,25	0,37	0,056	0,6	0,26	6,5	3,77
GC34	13,5	20,8	55	0,21	0,04	0,95	0,066	0,11	0,62	0,03	8,59
GC35	17,6	13,6	53,7	3,4	0,05	0,9	0,057	< 0,10	2,2	0,09	6,89
GC36	52,1	2,3	34,8	0,46	0,13	0,09	0,86	0,12	0,02	0,04	7,49
GC37	32,5	10,2	45,9	2,1	0,19	0,47	0,37	0,72	0,07	0,02	5,34
GC38	73,7	1	9,9	0,17	0,09	0,02	1,2	0,17	0,02	0,2	10,27
GC40	49,2	4,8	34,9	0,87	0,19	0,08	0,51	0,28	0,3	0,04	6,7
GC41	6,1	9,2	78,9	1,6	0,12	0,12	0,036	0,71	0,58	0,04	1,37
GC42	4,8	12,5	75,8	2,4	0,17	0,18	0,014	0,87	0,08	< 0,01	1,39
GC43	2,4	6	87,6	1,3	0,14	0,1	0,02	0,43	0,04	0,01	1,35
GC45	43,5	3,7	48,1	0,68	0,06	0,6	0,11	0,21	0,05	0,02	1,76
GC47	1,7	15,1	72,9	0,74	0,36	0,18	< 0,010	5,8	0,3	0,03	1,9

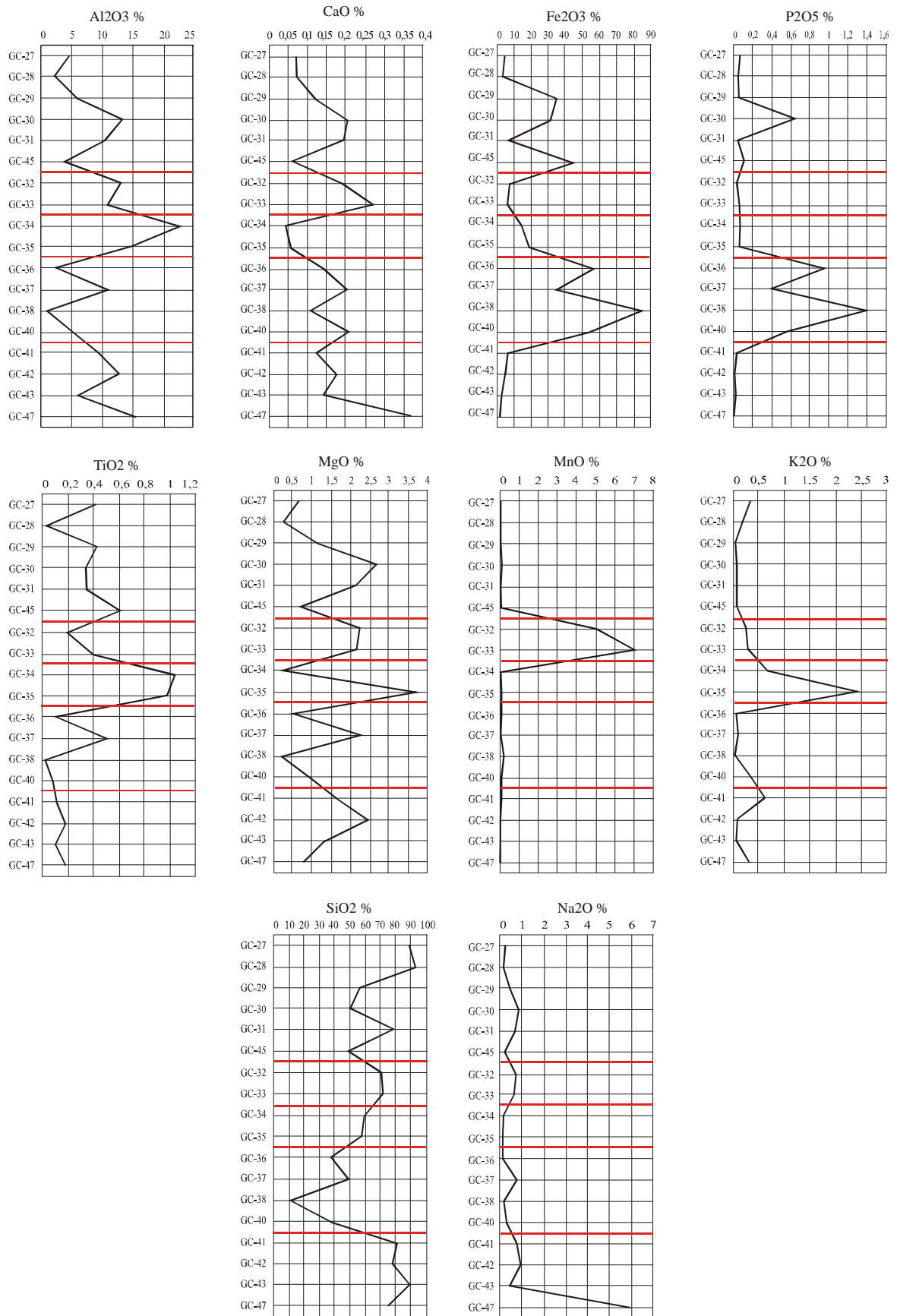


Figura 14 – Distribuição dos elementos maiores no perfil da zona oxidada do gossan.

9.1 Elementos Maiores

A partir da tabela 01 e da figura 14 podem ser feitas as seguintes observações:

- Os elementos mais abundantes são Fe_2O_3 , Al_2O_3 e SiO_2 . Tratando-se de uma seqüência gossânica seria de se esperar que a quantidade de Fe_2O_3 fosse superior aos demais elementos. Porém, nota-se que no perfil predomina SiO_2 com exceção do nível N3. A brecha hidrotermal gossanizada tem aparência homogênea mas algumas amostras podem conter mais fragmentos de quartzo do que produtos supergênicos, alvo desse estudo. Assim, os níveis que apresentam maiores quantidades de SiO_2 (N0, N1, N2 e N4) representam mais a mineralização primária hidrotermal, enquanto que a mineralização secundária (gossanização) é representada pelo nível N3.
- Os valores de Al_2O_3 devem-se à presença de sericita (muscovita de granulação fina), filossilicato rico em Al e K e caolinita (argilomineral aluminoso).
- A quantidade de SiO_2 está relacionada à composição da brecha hidrotermal gossanizada presente em toda a seqüência gossânica, constituída principalmente por quartzo e turmalina (dravita).
- Os teores de Fe_2O_3 tem relação com a quantidade de mineral goethita nas brechas. No nível N3 esse mineral é muito abundante, não havendo quase nenhuma característica que lembre as brechas hidrotermais devido à grande quantidade de goethita nessas rochas.
- O K_2O mostra teores baixos em relação ao Al_2O_3 , indicando que a sericita já foi parcialmente afetada pelo intemperismo, com lixiviação parcial do potássio que na estrutura dos filossilicatos é mais móvel que o alumínio.

- CaO, MgO e Na₂O apresentam-se com baixos valores no perfil, não sendo considerados para obter informações significativas.
- O P₂O₅ mostra duas anomalias apesar do seu baixo *background* (0,1%). As anomalias podem ter relação com a formação de minerais fosfáticos decorrente do processo de gossanização, não tendo sido identificados tais minerais.
- TiO₂ apresenta baixos valores com média de 0,4% e está relacionado à presença de titanita em pequena quantidade nas rochas.

9.2 Elementos Menores

Com base na tabela 02 e na figura 15 pode-se observar que:

Tabela 02 – Concentração de alguns elementos traços no perfil da zona oxidada do gossan.

Amostra	Cu ppm	Pb ppm	Zn ppm	Co ppm	Ag ppm	Au1 ppm	Au2 ppb
GC27	297	21	15	32	< 1		282
GC28	578	< 5	9	35	6		990
GC29	426	< 5	23	84	< 1		295
GC30	971	5	134	44	< 1		553
GC31	190	10	13	97	< 1	1,32	
GC32	2050	< 5	24	562	23		208
GC33	2650	7	21	588	36		486
GC34	569	< 5	27	15	< 1		< 5
GC35	891	< 5	173	53	< 1		< 5
GC36	5000	< 5	184	48	6	14,09	
GC37	2464	< 5	109	47	2	4,15	
GC38	> 5000	< 5	226	88	10	66,08	
GC40	3261	< 5	192	80	2	9	
GC41	445	< 5	11	23	3	9,46	
GC42	66	5	11	31	< 1		46
GC43	72	5	13	52	< 1		405
GC45	663	< 5	46	60	< 1		267
GC47	846	6	89	20	1		5

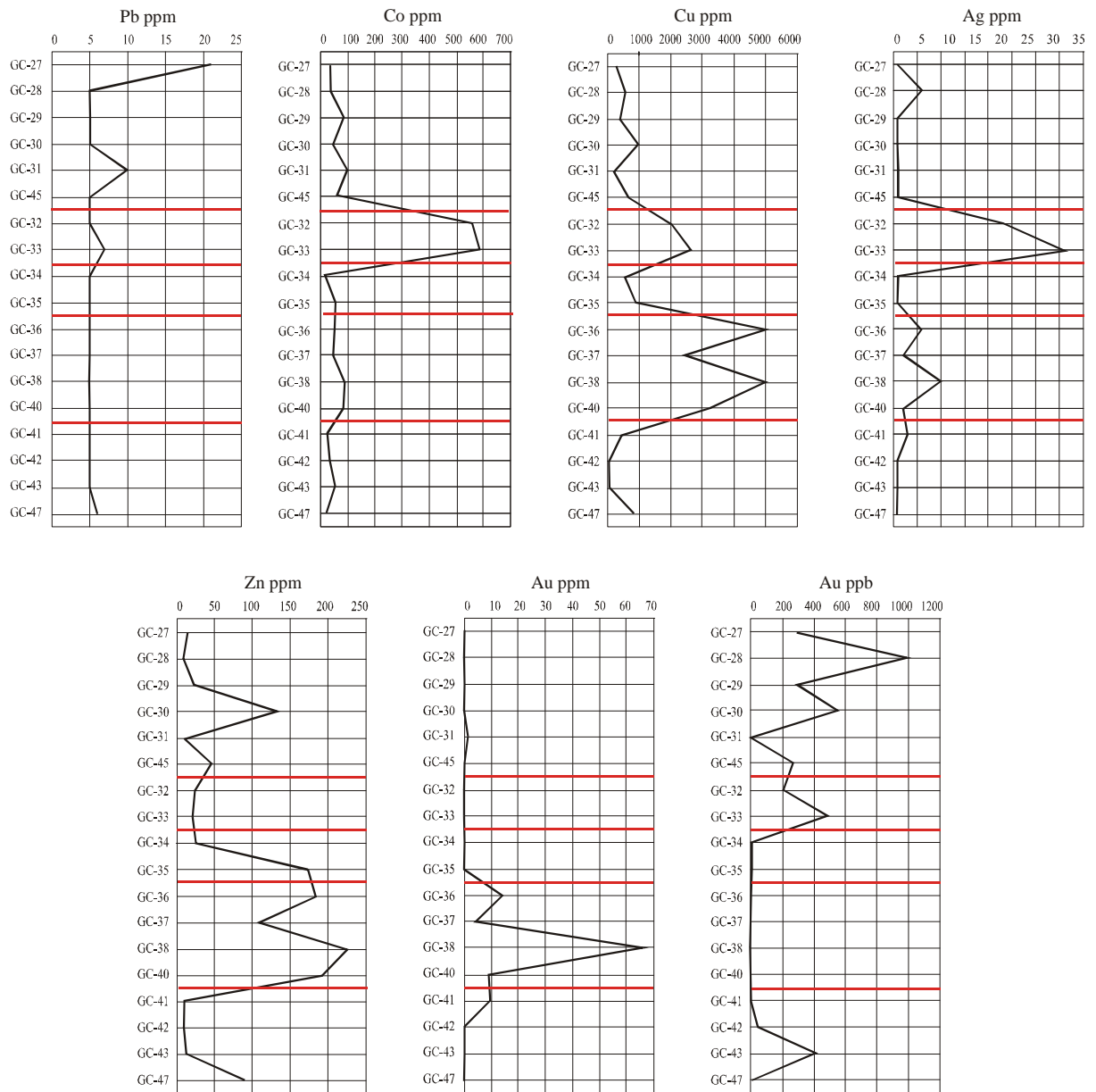


Figura 15 – Distribuição geoquímica dos elementos traços ao longo do perfil na zona oxidada do gossan.

- O perfil apresenta-se empobrecido em Pb em relação ao *clarke* médio desse elemento na crosta continental que é de 14 ppm segundo Laznicka 1985, apresentando apenas uma pequena anomalia de quase 20 ppm em uma amostra.

- A mineralização do nível N0 corresponde certamente mais à mineralização primária (de veios), já que os teores de SiO₂ são muito elevados em relação aos teores de Fe₂O₃ e na petrografia observou-se inclusões de ouro em quartzo.
- O nível N3 apresenta os maiores teores de Au dentro da seqüência estudada, com teor médio de 15 ppm se desconsiderada a anomalia de 70 ppm causada pelo efeito pepita. Esse nível certamente caracteriza o enriquecimento supergênico por apresentar os maiores teores de Fe₂O₃ e Au dentro da seqüência gossânica e pelo fato do ouro ocorrer dentro do plasma goethítico.
- Os elementos Co, Cu e Zn apresentam teores abaixo dos encontrados em depósitos minerais desses elementos, que são respectivamente: 3000 ppm, 10 000 ppm e 45 000 ppm segundo Laznicka 1985.
- Cu, Zn, Au e Fe₂O₃ mostram uma convergência de comportamento. Isso provavelmente deve-se ao fato dos elementos Cu, Zn e Au serem de grande afinidade com o Fe₂O₃, sendo facilmente incorporados à estrutura do mesmo.
- Ag com teor médio de 5 ppm apresenta uma anomalia de 35 ppm no nível N1. Essa anomalia pode ser devido a uma estagnação no rebaixamento do nível freático durante o processo de gossanização.

10. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

10.1 Petrográficas

Os dados apresentados sobre o depósito aurífero da Cutia na província Mineral de Carajás, indicam que o ouro está sendo minerado atualmente de uma porção correspondente à zona

de transição de uma seqüência gossânica (figura 16). A ocorrência de sulfetos, turmalina, sericita e clorita nas brechas hospedeiras da mineralização, nesta zona, é compatível com uma origem hidrotermal para as brechas. A presença de carbonato de cobre (malaquita), sulfetos reliquiares e goethita indica que, apesar das texturas serem ainda em grande parte primárias, a sua paragênese mineral já é parcialmente supergênica. A rocha mãe com a paragênese inteiramente primária (zona redutora), não ainda atingida pela atividade garimpeira, corresponderia a brechas com sulfetos de ferro e cobre + turmalina + sericita + clorita. As brechas teriam sido formadas por cisalhamento rúptil que causou o fraturamento das rochas e permitiu a circulação dos fluidos hidrotermais que provocaram transformações mineralógicas tais como turmalinização, sericitização, cloritização e sulfetação.

O processo de gossanização sobre as brechas deu origem a uma nova paragênese supergênica que se superpôs à paragênese primária hidrotermal. A zona de transição, onde o ouro está sendo atualmente minerado, caracteriza-se por apresentar sulfetos reliquiares associados com outros minerais primários (turmalina, sericita e clorita) e também com minerais secundários (malaquita e goethita). Em níveis mais rasos do perfil gossânico observa-se um gradual desaparecimento das feições primárias, tanto em termos de texturas como paragênese mineral, até a configuração da crosta ferruginosa superficial constituída de goethita e quartzo, com textura terrosa ou cavernosa, feições características do chapéu de ferro, sem mais nenhum resquício do ambiente primário.

O processo supergênico facilitou a mineração do ouro, pois além de formar concentrações de minério secundário próximo da superfície, destruiu os sulfetos primários liberando o ouro que normalmente ocorre incluso nestes minerais.

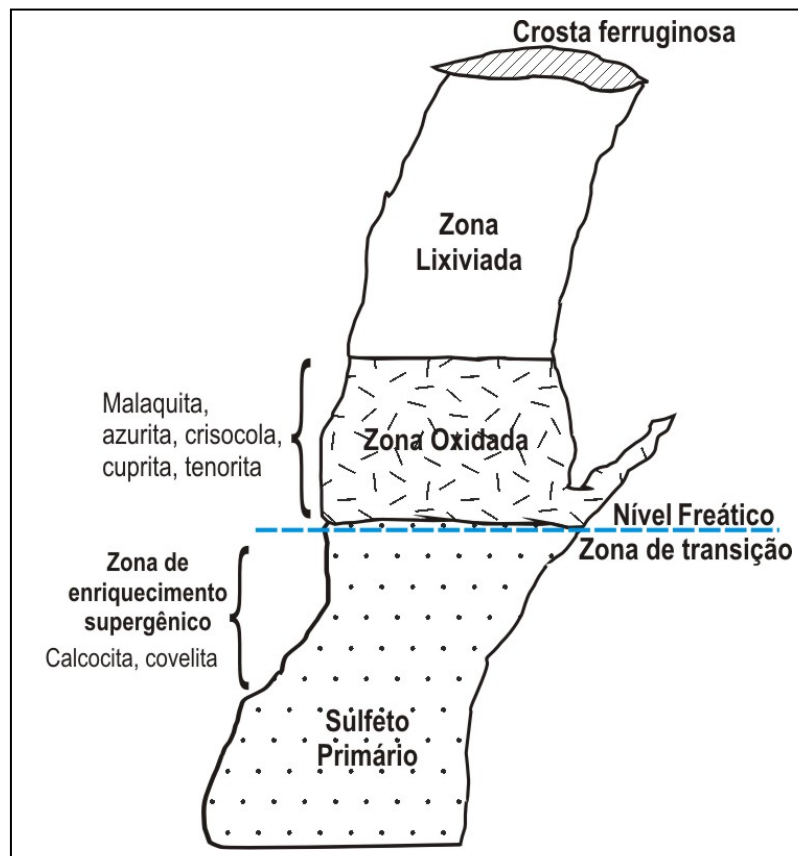


Figura 16: representação esquemática ideal de um perfil gossânico

10.2 Geoquímicas

De acordo com os resultados pode-se concluir que:

- Trata-se quimicamente de um gossan clássico.
- A presença de quartzo dificulta a distinção de mineralização primária e secundária
- A heterogeneidade dos padrões químicos sugere certa irregularidade no rebaixamento do nível freático, onde ocorreram períodos de estagnação do nível freático que levaram à maturação do gossan e enriquecimento em ouro.

- O ouro deve ser explorado preferencialmente do nível N3 que está a uma profundidade que varia de 12 a 13 metros e que contém os maiores teores dentro da sequência gossânica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALTHOFF, F.J.; DALL'AGNOL, R.; SOUZA, Z.S. 1991. Região de Marajoara- SE do Pará: prolongamento dos terrenos arqueanos de Rio Maria ou retrabalhamento ? In: SIMP. GEOL. AMAZ., 3, Belém, 1991. **Boletim de Resumos...** Belém, SBG/NO, p.130-141.
- AMARAL, G. 1984. Província Tapajós e Rio Branco. In: ALMEIDA, F.M.A.; HASUI, Y. (ed). O Pré-cambriano do Brasil. São Paulo, Edgard Blücher Ltda, p. 6-35.
- COSTA, J. B. S.; ARAÚJO, O. J. B.; DOS SANTOS, A.; JORGE JOÃO, X. S.; MACAMBIRA, M. J. B.; LAFON, J. M.. 1995. A PMC: Aspectos tectono-estruturais, estratigráficos e geocronológicos. Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi, série Ciências da Terra 7.
- DALL'AGNOL, R.; VIEIRA, E.A.P.; SÁ, C.A.S.; MEDEIROS, H.; CASTAL, M.C.P.; TEIXEIRA, N.P. 1986. Estado atual do conhecimento sobre rochas granitóides da porção sul da Amazônia Oriental. Rev. Bras. Geoc., 16 : 11-23.
- DALL'AGNOL, R.; BITTENCOURT, J.S.; JOÃO, X.S.J.; MEDEIROS, H.; COSTI, H.T.; MACAMBIRA, M.J.B. 1987. Granitogenesis in the Northern Brazilian region: A review. Rev. Bras. Geoc., 17 : 382-403.
- DOCEGEO 1988. Revisão Litoestratigráfica da Província Mineral de Carajás. In: CONG. BRAS. GEOL., 35, Belém, 1988. Anexo aos Anais... Belém, SBG/NO, p. 1-54.
- HIRATA, W.K.; RIGON, J.C.; KADEKARU, K.; CORDEIRO, A.A.C.; MEIRELES, E.A. 1982. Geologia Regional da Província Mineral de Carajás. In: Simp. Geol. Amaz., 1, Belém, 1982. Anais... Belém, SBG/NO, v. 1, p.100-110.
- HUHN, S.R.B.; SANTOS, A.B.S.; AMARAL, A.F.; LEDSHAM, E.J.; GOUVÊA, J.L.; MARTINS, L.P.B.; MONTALVÃO, R.G.M.; COSTA, V.G. 1988. O terreno "granito greenstone" da Região de Rio Maria, sul do Pará. In: CONG. BRAS. GEOL., 35, Belém, 1988. **Anais ...** Belém, SBG, v. 3, p. 1438-1452.
- JORGE JOÃO, X.S.; NEVES, A.P.; LEAL, J.W.L. 1982. Ouro de Serra Pelada - Aspectos da geologia e garimpagem. Simp Geol. Amaz., 1, Belém, 1982. Anais..., Belém, SBG/NO, v. 2, p.52-61.
- LAB, K.O. 1992. Considerações Lito-Estruturais sobre o dúplex transpressivo Serra Pelada. Dissertação de Mestrado. Belém, Centro de Geociências, UFPa, 90p.
- LAB, K.O. & COSTA, J. B. S. 1995. Duplex Transpressivo Serra Pelada. Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, V. 7. p. 41-60.
- LAZNICKA, P. "Metal source of ore deposits". In: WOLF, K. H. (ed) Handbooh of stratabound and stratiform ore deposits, 1986, V. 12.
- MACHADO, N.; LINDENMAYER, Z.; KROGH, T.E.; LINDEMAYER, D. 1991. U-Pb geochronology of Archean magmatism and basement reactivation in the Carajás area, Amazon Shield, Brazil. Precamb. Res., 49 : 329-354.
- MEDEIROS, H. 1987. Petrologia da porção leste do batólito granodiorítico Rio Maria, sudeste do Pará. Dissertação de Mestrado. Belém, Centro de Geociências, UFPa, 184p.
- MEIRELES, E.M.; TEIXEIRA, J.T.; MEDEIROS FILHO, C.A. 1982. Geologia preliminar do depósito de ouro de Serra Pelada. Simp. Geol. Amaz., 1, Belém, 1982. Anais ..., Belém, SBG, v. 2, p.74-83.
- NOGEIRA, A.C.R.; TRUCKENBRODT, W.; PINHEIRO; R.V.L. 1995. Formação Águas Claras, pré-Cambriano da serra dos Carajás: redescrição e redefinição litoestratigráfica. Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, vol. 7; 177-197p. Belém-PA.

- PINHEIRO, R.V.L. 1997. Reactivation history of the Carajás and Cinzento strike-slip systems, Amazon, Brazil. Tese de Doutorado. Durham, UK, University of Durham, Department of Geological Sciences, 408p.
- PINHEIRO, R.V.L. & HOLDSWORTH, R.E. 1995. Significado tectônico da clivagem transversa (*transecting cleavage*) em dobras na mina de Serra Pelada, Pará. Bol. Para. Emílio Goeldi, 7:289-308.
- SILVA, A. R. B. da; MELO, L. J. A. de; SOUZA, A. M. M.R. de; NETO, C. S. S. 1981. Projeto Estudo do Garimpos Brasileiros. Área Serra Pelada. Relatório Anual. Convênio DNPM-CPRM. 52p. Belém. PA.
- SIQUEIRA, J.B. & COSTA, J.B.S. 1991. Evolução Geológica do dúplex Salobo-Mirim. In: Simp. Geol. Amaz., 3, Belém, 1991. Anais... Belém, SBG/NO, p.232-243.
- SOUZA, A. M. R. de; NETO, C. S. S.; MELO, L. J. A.. de. 1982. Projeto Estudo dos Garimpos Brasileiros. Área Serra Pelada. Relatório Anual. Convênio DNPM-CPRM. 23p. Belém. PA
- TALLARICO, F.H.B.; COIMBRA, C.R.; COSTA, C.H.C. 2000. The Serra Leste sediment-hosted Au-(Pd-Pt) mineralization, Carajás Province. Rev. Bras. Geoc. 30: 226-229
- VILLAS & SANTOS, 2001. Gold deposits of the Carajás mineral province: deposit types and metallogenesis. Mineralium Deposita. 36: 300-331