

Tombo
02720



043
V.1

I/2004

GEOLOGIA
DOS DEPÓSITOS MINERAIS DE
CARAJÁS

RELATÓRIO DE PROGRESSO I

Texto

S.L. Martini

CPRM / Serviço Geológico do Brasil

Escritório Rio de Janeiro

Setembro / 2001

APRESENTAÇÃO

Como contribuição ao grupo envolvido no estudo da Província Mineral de Carajás, foi feito um levantamento bibliográfico sobre os depósitos de Fe, Mn, Ni, Al, Cr, Au, Cu-Au e platinóides da província.

Ao todo foram listados cerca de 250 artigos, sendo parte disto já utilizada no presente estágio. O resultado obtido é aqui apresentado na forma de um texto para cada grupo de depósitos - separados por *commodities* - acompanhado pelos principais mapas geológicos disponíveis na literatura. O texto consta de descrições sucintas dos depósitos bem como de referências à tipologia sugerida na literatura para os mesmos.

Este material evidentemente deve ser atualizado à medida que novas informações relevantes se tomem disponíveis. Os dados a serem veiculados no próximo Simpósio de Geologia da Amazônia são um exemplo disto.

Nossa expectativa é que o resultado deste tipo de levantamento seja útil como introdução à geologia dos depósitos minerais de Carajás e apoio para sínteses porventura necessárias sobre o tema.

Sérgio Luiz Martini

Rio de Janeiro, Setembro / 2001.

ÍNDICE

TEXTOS

Introdução e Geologia Regional	A1-A3
Depósitos de Ferro	B1-B5
Depósitos de Manganês	C1-C5
Depósitos de Níquel	D1-D3
Depósitos de Bauxita	E1-E2
Depósito de Wolframita	F1-F2
Prospectos de Cromita, Platinóides e Sulfetos de Cu-Ni	G1-G4
Depósitos de Ouro Primário (em contexto vulcano-sedimentar)	H1-H3
Depósitos de Ouro Primário (na cobertura sedimentar tardi-arqueana)	I1-I4
Depósitos de Cobre-Ouro (em ambiente vulcano-sedimentar)	J1-J19
Sumário e Considerações Finais	K1-K7

TABELAS

Tab. I – Carajás – Número de referências sobre depósitos minerais

Tab. II – Tipologia dos principais depósitos da Província de Carajás

ANEXO

Cerca de 80 figuras selecionadas

1 INTRODUÇÃO

O texto que segue é uma compilação bibliográfica preliminar sobre os depósitos minerais da Província de Carajás. O objetivo principal do trabalho foi o de apresentar uma descrição geológica sucinta dos depósitos e colocar as principais linhas utilizadas para a sua classificação (tipologia). Assim, as descrições apresentadas tem uma orientação geral voltada para feições de interesse à tipologia, o que implica talvez em um certo *bias*, admitido pelo autor. Ao texto foi acrescentado um conjunto de mapas e perfis geológicos representativo do que está disponível sobre o tema na literatura. O trabalho foi executado em função de uma solicitação interna feita pelo Departamento de Recursos Minerais (DEREM) do Escritório do Rio de Janeiro. Ao leitor interessado é recomendada também a leitura das sínteses e descrições apresentadas em Schobbenhaus & Coelho (1986, 1988), Faraco et al. (1996), Dardenne & Schobbenhaus (2000) e Villas & Santos (2001).

A Tabela I mostra o número de artigos utilizados por *commodity*, enquanto a Tabela II, no final do texto, mostra um resumo da tipologia dos depósitos descritos.

2 UNIDADES GEOLÓGICAS REGIONAIS

Como suporte para o texto a seguir sobre depósitos minerais, são aqui listadas as principais unidades geológicas da Província Mineral de Carajás. Utiliza-se como base o trabalho de Docegeo (1988), seguindo linha esboçada anteriormente por Hirata et al. (1982). Contribuições à geologia regional são também apresentadas em Araújo & Maia (1991), Oliveira et al. (1994), Macambira & Vale (1997), Faraco et al. (1996) e CVRD (1996), entre outros. Suporte geocronológico tem sido fornecido por Gibbs et al. (1986), Wirth et al. (1986), Machado et al. (1991), Mougeot et al. (1996), Dias et al. (1996), Mellito & Tassinari (1998), Macambira & Lafond (1999) e Tassinari et al. (2000), entre outros:

De acordo com estes autores, particularmente Docegeo (1988), CVRD (1996) e Faraco et al. (1996), as seguintes unidades regionais principais são reconhecidas na província:

- terrenos granito-*greenstone* e gnáissico-vulcano-sedimentares respectivamente nas metades sul e norte da província; o conjunto é de idade neoarqueana;
- os *greenstone belts* no domínio sul, mostram tipicamente unidade basal máfico-ultramáfica bem desenvolvida; são reunidos no Supergrupo Andorinhas;
- as sequências vulcano-sedimentares (VS) do domínio norte – agrupadas no Supergrupo Itacaiúnas - mostram assembléias litológicas particulares diferentes daquelas dos *greenstone belts* (GB) a sul; elas são relativamente mais ricas em metassedimentos e apresentam vulcanismo bimodal; basaltos teriam, segundo alguns autores (ver, por exemplo, Lindenmayer 1998; Oliveira et al. 1993), características geoquímicas de ambiente de rift ensialico mas a rigor não existe consenso sobre isto; Meirelles & Dardenne (1991), por exemplo, sugerem que os basaltos são shoshoníticos relacionados a arcos magmáticos;
- complexos máfico-ultramáficos tardi-arqueanos associados tanto ao embasamento gnáissico (eg. Pium?) como aos *greenstone belts* (eg. Luanga);
- granitóides tardi-arqueanos, incluindo corpos foliados, sendo alguns deles classificados como do tipo A (Lindenmayer 1998), e corpos tardi(?), post-tectônicos,

TAB. I –

CARAJÁS - ÍNDICE DE REFERÊNCIAS SOBRE
GEOLOGIA E DEPÓSITOS MINERAIS

ITEM RELATÓRIO	ARTIGOS UTILIZADOS	ARTIGOS ADICIONAIS
GEOL. GERAL	19	++
FERRO	22	15
MANGANÊS	16	15
NÍQUEL	7	----
BAUXITA	8	2
WOLFRAMITA	2	8
CROMITA, PGE	10	----
OURO – G'BELT	14	----
OURO – COBERT.	17	3
COBRE – OURO	70	28
TOTAL	185	71++

aparentemente restritos ao domínio sul (Cf. Faraco et al. 1996), incluindo tipos tonalítico-trondhjemíticos e corpos granodioríticos do tipo I;

- cobertura metassedimentar plataformar carbonática-siliciclática ainda de idade tardi-arqueana; diques e sills máficos a intermediários (quartzo-dioríticos) são comuns e podem estar relacionados ao magmatismo referido no próximo item;

- complexos máficos e máfico-ultramáficos anorogênicos, acamadados, possivelmente de idade paleoproterozóica, eg. Vermelho, Puma, Jacaré, Santa Inês;

- granitos intrusivos anorogênicos datados do início do mesoproterozóico.

Praticamente cada uma das unidades geológicas citadas tem depósitos e ocorrências minerais associadas, como se verá no texto que segue. Além disso – e não menos importante – a província têm como elemento fundamental a história geomórfica Cretáceo-Cenozóica, cujo papel como agente reconcentrador de protominérios pré-cambrianos – isto é, como agente final da geração do minério – é bem reconhecido (eg. Costa 1990; Costa & Angélica 1996; Vasconcelos 1996).

Referências

- Araújo O.J.B. & Maia R.G.N. (org.). 1991. Serra dos Carajás Folha SB.22-Z-A - Estado do Pará. Programa PLGB, CPRM / Serviço Geológico do Brasil, Brasília.
- Costa M.L. 1990. Potencial metalogenético dos lateritos da Amazônia. An. XXXVI Congr. Bras. Geol., v. 3, p. 1371-1385.
- Costa M.L. & Angélica R.S. 1996. Two generations of laterite profiles in the Amazon region and their ore potential. Bol. Resum. Expand. V Simp. Geol. Amaz., p. 269.
- CVRD. 1996. Resumo dos aspectos geológicos da Província Mineral de Carajás. Bol. Resum. Expand. V Simp. Geol. Amaz., p. 392-403.
- Dardenne M.A. & Schobbenhaus C. 2000. The metallogenesis of the South American Platform. The Carajás Mineral Province. In Cordani J.G. et al. (eds.) Tectonic evolution of South America. XXXI Internat. Geol. Congr, Rio de Janeiro, p. 769-779.
- Dias G.S. et al. 1996. Datação de zircões de sill de metagabro: Comprovação de idade arqueana da Formação Águas Claras, Carajás, Pará. Bol. V Simp. Geol. Amaz., p. 376-379.
- Docegeo. 1988. Revisão litoestratigráfica da Província Mineral de Carajás. Anais XXXV Congr. Bras. Geol., Anexo 'Província Mineral de Carajás - Litoestratigrafia e principais depósitos minerais', p. 9-54.
- Faraco M.T.L., Carvalho J.M.A. Klein E.L. 1996. Carta Metalogenética da Província de Carajás - SE do Pará. Folha Araguaia (SB.22). Escala 1:1.000.000. Nota Explicativa. CPRM, SUREG-BE. 27 p.
- Gibbs A.K. et al. 1986. Age and composition of the Grão Pará Group volcanics, Serra dos Carajás. Rev. Bras. Geoc., v. 16, p. 201-211.
- Hirata W.K., Rigon J.C., Kadkaru K., Cordeiro A.A.C., Meireles E.M. 1982. Geologia regional da Província Mineral de Carajás. An. I Simp. Geol. Amaz., Belém, v. 1, p. 100-109.
- Lindenmayer Z.G. 1998. O depósito de Cu(Au-Mo) do Salobo, Serra dos Carajás, revisitado. Workshop Depósitos Minerais Brasileiro de Metais-Base. UFBA / ADIMB / SBG, Salvador, p. 29-37.
- Macambira E.M.B. & Vale A.G. (org.). 1997. São Félix do Xingu Folha SA.22-Y-B - Estado do Pará. Programa PLGB, CPRM / Serviço Geológico do Brasil, Brasília.
- Macambira M.J.B. & Lafon J-M. 1999. Geological evolution of the Carajás Metallogenic Province based on geochronological data: A review. Actas II South American Symp. on Isotope Geology, p. 481-483.

- Machado, N.; Lindenmayer, Z.; Krogh, T.E.; Lindenmayer, D. 1991. U-Pb geochronology of Archean magmatism and basement reactivation in the Carajás area, Amazon shield, Brazil. *Precamb. Res.*, v. 49, p. 329-354.
- Meirelles, M.R. e Dardenne, M.A. 1991. Vulcanismo basáltico de afinidade shoshonítica em ambiente de arco arqueano, Grupo Grão Pará, Serra dos Carajás, PA. *Rev. Bras. de Geoc.* v. 21, p. 41-50.
- Mellito K.M. & Tassinari. 1998. Aplicação dos métodos Rb-Sr e Pb-Pb à evolução da mineralização cuprífera do depósito Salobo 3 α , Província Mineral de Carajás. *An. XL Congr. Bras. Geol.*, p. 119.
- Mougeot R., Resput J.P., Briquet L., Ledru P., Milesi J.P., Lerouge C., Huhn S.B., Macambira M.J.B. 1996. Isotope geochemistry constraints for Cu, Au mineralization and evolution of the Carajás Province (Pará, Brazil). *An XXXIX Congr. Bras. Geol.*, v. 7, p. 321-324.
- Oliveira E.P., Winter C., Sachs L., Batista J.J., Figueiredo B., Foster R. 1993. Limiting factor in applying geochemistry to tectonic setting identification in continental areas: implication to the Carajás basic metavolcanics, Brazil. *An. IV Congr. Bras. Geol.*, p. 20-22.
- Oliveira J.R., Silva Neto C.S., Costa E.J.S. (org.). 1994. Serra Pelada Folha SB.22-X-C - Estado do Pará. Programa PLGB, CPRM / Serviço Geológico do Brasil, Brasília
- Schobbenhaus C. & Coelho C.E.S. coords. 1986. Principais depósitos minerais do Brasil. Volume II. Ferro e metais da indústria do aço. DNPM / CVRD, Brasília, 501 p.
- Schobbenhaus C. & Coelho C.E.S. coords. 1988. Principais depósitos minerais do Brasil. Volume III. Metais básicos não-ferrosos, ouro e Alumínio. DNPM / CVRD, Brasília, 670 p.
- Tassinari C.G., Bettencourt J.S., Geraldés M.C., Macambira M.J.B., Lafon J.M. 2000. The Amazonian Craton. The Carajás-Iricoumé Block (Carajás Area). In Cordani J.G. et al. (eds.) *Tectonic evolution of South America. XXXI Internat. Geol. Congr.* Rio de Janeiro, p. 42-48.
- Vasconcelos P.M. 1996. Paleoclimas e evolução geomorfológica da região de Carajás. *Bol. Resum. Expand. V Simp. Geol. Amaz.*, p. 26-30.
- Villas R.N. & Santos M.D. 2001. Gold deposits of the Carajás mineral province: deposit types and metallogenesis. *Mineral. Deposita*, v. 36, 300-331.

DEPÓSITOS DE FERRO

Os depósitos de ferro do denominado Distrito Ferrífero da Serra dos Carajás (Tolbert et al. 1968, 1971; CVRD – CMM 1972; Santos 1981; Beisiegel et al. 1973) estão entre os maiores do planeta. O distrito compreende quatro agrupamentos de jazidas – Serra Norte, Serra Sul, Serra Leste e São Félix – que totalizam cerca de 17×10^9 t de minério de ferro de alto teor (66% Fe) (CVRD 1996). Os depósitos são constituídos primariamente por jaspilitos intercalados em metavulcânicas básicas. Este conjunto é denominado Grupo Grão Pará, uma das sequências VS do domínio norte da província. O referido grupo é constituído essencialmente por metavulcânicas básicas com uma intercalação de formação ferrífera fácies óxido. Rochas metavulcânicas ácidas foram também reconhecidas em meios aos metabasaltos (Meireles et al. 1984). Zircões destas rochas félsicas forneceram idades U/Pb neoarqueanas (2.75 Ga) (Gibbs et al. 1986; Wirth et al. 1986). Macambira et al. (1990; in CVRD 1996) mostram uma subdivisão do Grupo Grão Pará em quatro subunidades, nas quais são reconhecidas metavulcânicas básicas e ácidas, BIFs com soleiras de diabásio, além de tufos, chert, quartzo wacke e quartzo arenitos, e de uma unidade de topo à base de siltitos e folhelhos carbonáticos com arenitos subordinados.

1 N4

O primeiro depósito a ser desenvolvido – em função da localização e da qualidade do minério – foi N4, localizado na porção central de Serra Norte. Segundo Beisiegel (1982), a jazida da N4-E, assim como todas as outras do distrito, faz parte de uma formação ferrífera regional – denominada Formação Carajás – que ocorre intercalada numa sequência de rochas (meta)vulcânicas básicas. O caráter vulcânico destas rochas bem como a classificação do protominério como um jaspilito foram atestados por trabalhos petrográficos, como os de Coelho et al. (1980) e Townend et al. (1980) (in Beisiegel 1982 e Ladeira & Cordeiro 1988). Os contatos entre formação ferrífera e unidades encaixantes é abrupto. Na base da formação ferrífera, entretanto, são reconhecidas lentes argilosas, que podem corresponder a tufos básicos, e materiais descritos como brechóides. Existe também citação de conglomerados com seixos angulares de BIF imediatamente acima da Fm Carajás (Gibbs et al. 1985 in Coelho 1986). É possível que as brechas e conglomerados correspondam a depósitos associados a falhas ativas durante a deposição que servem de conduto de sistemas exalativos. Meirelles & Dardenne (1993) referem especificamente a ocorrência de brechas intraformacionais e estruturas de deslizamento em BIFs de N4. Hope et al. (1987, p. 359) citam estas mesmas feições e sugerem também possível relação com falhas sin-deposicionais. Espilitização e cloritização generalizadas dos metabasaltos são também reconhecidas por diferentes autores.

O protominério jaspilítico sofreu concentração supergênica via lixiviação de sílica. O enriquecimento atinge cerca de 200 m de profundidade, e localmente até 400 m. Os minérios são tipicamente azuis ou marrons, conforme constituídos por hematita-martita ou hematita-martita-goethita, respectivamente. Entre as feições que suportam origem por enriquecimento supergênico estão:

- Porosidade acentuada das bandas silicosas do protominério;
- Minério brando com estrutura bandada original do itabirito preservada;
- Minério friável só ocorre sob a paleosuperfície aplainada da serra dos Carajás;
- Feições cársticas que só podem ser explicadas por dissolução e colapso;

- Jaspilitos inexistentes ao nível da paleo-superfície; só ocorrem ao nível dos vales e em profundidades maiores.

Teixeira et al. (1997), entretanto, com base em estudos elementais e isotópicos, sugerem que um importante evento de alteração hidrotermal – provavelmente relacionado a granitos anorogênicos mesoproterozóicos - teria afetado a formação ferrífera, de forma que os minérios de ferro não teriam sido formados apenas em um único evento concentrador via intemperismo conforme preconizado por vários autores.

Já estritamente em termos de tipo geológico do protominério, os depósitos de ferro de Carajás apresentam uma situação interessante, conforme já indicado por Gibbs (1987; in Gibbs & Barron 1983, p. 19) e Hoppe et al. (1987, p. 159). O ambiente vulcanogênico e a idade apontam para um BIF tipo Algoma. Esta é a classificação, por exemplo, apresentada em Gross (1995). Mas o tamanho e a continuidade lateral são aqueles de um BIF tipo Superior. BIFs em conjunto têm tamanho médio de 170 Mt @ 53% Fe (Mosier & Singer 1992). Esse pode ser considerado um valor médio máximo para BIFs tipo Algoma já que eles são normalmente de porte menor que BIFs tipo Superior. Assim, os BIFs de Carajás representariam uma anomalia em termos tamanho e persistência lateral dentro do tipo Algoma. Ou, alternativamente, eles constituiriam um “tipo Carajás”, único (Cf. Hoppe et al. 1987)*.

2 Outros depósitos

Existe poucas referências disponíveis sobre os outros depósitos de ferro do Distrito de Carajás. No caso de Serra Leste, Rezende & Barbosa (in Damasceno & Oliveira 1994; Carvalho 1994) indicam dois depósitos, cada um deles constituído de dois corpos de hematita dura (minério aflorante) com uma camada de rocha (meta)máfica intercalada. Segundo o mapa da Docegeo (1988), a unidade hospedeira desta jazida seria um típico *greenstone belt* (Cf. Supergrupo Serra das Andorinhas). A unidade é denominada Grupo Rio Novo em Oliveira et al. (1994). Este posicionamento estratigráfico é diferente daquele dos outros depósitos de ferro do distrito, referidos normalmente ao Grupo Grão Pará. Serra Leste na realidade está fora dos *trends* deste último grupo no sinclínio de Carajás. Ela pode assim constituir um legítimo BIF tipo Algoma, isto é, hospedado nos típicos *greenstone belts* da região, cuja característica mais marcante é a ocorrência de uma unidade komatiítica basal portadora de texturas *spinifex*. Faraco et al. (1996), entretanto, localizam Serra Leste sobre uma pequena faixa de Grão Pará encravada nos *greenstones* (“típicos”) Rio Novo. Guedes et al. (1996) e Correia Jr. (1998a,b) também consideram a sequência local como Grão Pará.

* Deve-se citar também que Walde (1986) e Gibbs & Wirth (??) classificam os protominérios de ferro de Carajás como tipo Superior. Gibbs & Wirth (??) consideram os BIFs de Carajás particularmente assemelhados, em termos de idade, extensão, contexto geológico (Cf. geoquímica das rochas vulcânicas associadas), com os de Hamersley (Austrália). Deve-se ainda acrescentar que estes últimos são classificados por Gross (1993, p. 159) como de tipo intermediário Algoma / Superior, mesma classificação sugerida para Carajás por Hoppe et al. (1987).

É interessante também colocar que, segundo Meirelles & Dardenne (1993), os depósitos primários de N4 têm baixos teores de MgO, CaO e Al₂O₃, mostrando neste aspecto afinidade com BIFs tipo Superior. Já a relativa abundância de V, Ti, Cu e Zn são intermediários entre os tipos Superior e Algoma, o que traduziria relação com o ambiente vulcano-sedimentar. De qualquer forma, Meirelles & Dardenne (1993) propõem uma origem exalativa para os depósitos.

Existe também pouca informação geológica disponível sobre as jazidas de ferro de Serra Sul. Uma descrição breve de todas em conjunto é apresentada por Coelho (1986). Faraco et al. (1996) com base em Araújo & Maia (1991) consideram-nas em termos de estratigrafia como pertencentes ao Grupo Grão Pará. Delgado et al. (1991), por sua vez, indicam a Formação Carajás do referido grupo como a unidade específica dos depósitos, particularmente no caso do maior deles, denominado S11.

Os depósitos da serra de São Félix são referidos em Faraco et al. (1997) e Macambira & Vale (1997). Os depósitos primários são colocados no denominado Grupo São Félix, unidade vulcano-sedimentar correlacionada ao Grupo Grão Pará (Macambira et al. 1997), conforme já preconizado anteriormente por geólogos do Grupo CVRD / AMZA (in Macambira & Vale 1997).

3 Referências

- Araújo O.J.B. & Maia R.G.N. (org.). 1991. Serra dos Carajás Folha SB.22-Z-A - Estado do Pará. Programa PLGB. CPRM, Brasília, 138 p.
- Beisiegel V.R. 1982. Distrito Ferrífero da Serra dos Carajás. In Bernardelli A.L. (coord.) et al., Província Mineral de Carajás. Anex. An. I Simp. Geol. Amaz., p. 21-46.
- Beisiegel W.R., Bernardelli A.L., Drumond N.F., Ruff A.W., Tremaine J.W. 1973. Geologia e recursos minerais da Serra dos Carajás. Rev. Bras. Geol., v. 3, p. 215-242.
- Carvalho J.M.A. 1994. Metalogenia. In Oliveira J.R., Silva Neto C.S., Costa E.J.S. (org.) Serra Pelada Folha SB.22-X-C - Estado do Pará. Programa PLGB, CPRM / Serviço Geológico do Brasil, Brasília, Parte II, Cap. 7, p. 161-172.
- Coelho C.E.S. 1986. Depósitos de ferro da Serra dos Carajás, Pará. In: Schobbenhaus C. & Coelho C.E.S. coords. Principais depósitos minerais do Brasil. Volume II. Ferro e metais da indústria do aço. DNPM / CVRD, Brasília, p. 29-64.
- Correia Jr. F.C. 1998a. Arcabouço estrutural do depósito de ferro de Serra Leste, Município de Curionópolis – PA. An. XL Congr. Bras. Geol., p. 120.
- Correia Jr. F.C. 1998b. Geologia do depósito de ferro de Serra Leste, Município de Curionópolis – PA. An. XL Congr. Bras. Geol., p. 139.
- CVRD. 1996. Resumo dos aspectos geológicos da Província Mineral de Carajás. Boletim de Resumos Expandidos e Guia de Excursões. V Simp. Geol. Amaz., Belém, p. 392-403.
- CVRD / CMM. 1972. Distrito Ferrífero da Serra dos Carajás. Resum. Com. XXVI CBG, Belém. SBG, Bol. 2, p. 78-80.
- Damasceno B.C. & Oliveira J.R. 1994. Geologia Econômica. In Oliveira J.R., Silva Neto C.S., Costa E.J.S. (org.) Serra Pelada Folha SB.22-X-C - Estado do Pará. Programa PLGB, CPRM / Serviço Geológico do Brasil, Brasília, Parte II, Cap. 8, p. 173-182.
- Delgado I.M., Araújo O.J.B., Carvalho J.M.A. 1991. Metalogenia. In Araújo O.J.B. & Maia R.G.N. (org.) Serra dos Carajás Folha SB.22-Z-A - Estado do Pará. PLGB. CPRM, Brasília, Parte II, Cap. 7, p. 109-115.
- Docegeo. 1988. Revisão litoestratigráfica da Província Mineral de Carajás. Anais XXXV Congr. Bras. Geol., Anexo 'Província Mineral de Carajás - Litoestratigrafia e principais depósitos minerais', p. 9-54.
- Faraco M.T.L., Carvalho J.M.A. Klein E.L. 1996. Carta Metalogenética da Província de Carajás - SE do Pará. Folha Araguaia (SB.22). Escala 1:1.000.000. Nota Explicativa. CPRM, SUREG-BE. 27 p.
- Faraco M.T.L., Souza E.C., Marques M.T.G. 1997. Metalogenia. In Macambira E.M.B. & Vale A.G. (org.) São Félix do Xingu Folha SA.22-Y-B - Estado do Pará. Programa PLGB, CPRM / Serviço Geológico do Brasil, Brasília, Parte II, Cap. 9, p. 299-313.

- Gibbs A. K. & Barron C.N. 1993. The Geology of the Guiana Shield. Oxford Monographs on Geology and Geophysics no. 22. Oxford University Press, New York, 246 p.
- Gibbs A.K. & Wirth K.R. ???. Geologic setting of the Serra dos Carajás iron deposits, Brazil. (fonte pendente).
- Gibbs A.K., Wirth K.R., Hirata W.K., Olszewski Jr. W.J. 1986. Age and composition of the Grão Pará Group volcanics, Serra dos Carajás. *Rev. Bras. Geoc.*, v. 16, p. 201-211.
- Gross G.A. 1995. Algoma-type iron-formation. In Eckstrand O.R, Sinclair W.D., Thorpe R.I. (eds), *Geology of Canadian Mineral Deposits*. Geological Survey of Canada, Geology of Canada, no. 8, p. 66-73.
- Guedes S., Guimarães G., Gonzalez C. 1996. Considerações genéticas e estruturais do depósito de Serra Leste – Município de Curionópolis – Estado do Pará. *Bol. Resum. Expand. V Simp. Geol. Amaz.*, p. 161-163.
- Hoppe A., Schobbenhaus C., Walde D.H.G. 1987. Precambrian iron-formation in Brazil. In Appel P.W.U. & LaBerge G.L. (eds.), *Precambrian iron-formations*. Theophrastus Publ., Athens, p. 347-390.
- Ladeira E.A. & Cordeiro J.R.C. 1988. Jazida N4E: Reavaliação dos corpos de hematita dura e jaspilitos. In CVRD / SBG, *Província Mineral de Carajás. Litoestratigrafia e principais depósitos minerais. Anexo An. XXXV Congr. Bras. Geol.*, p. 57-72.
- Macambira E.M.B. & Vale A.G. 1997. Geologia Econômica. In Macambira E.M.B. & Vale A.G. (org.) *São Félix do Xingu Folha SA.22-Y-B - Estado do Pará. Programa PLGB, CPRM / Serviço Geológico do Brasil, Brasília, Parte II, Cap. 10*, p. 315-322.
- Macambira E.M.B., Vale A.G., Jorge João X.S., Andrade B.J.F., Araújo E.S., Serfaty S. 1997. Estratigrafia. In Macambira E.M.B. & Vale A.G. (org.) *São Félix do Xingu Folha SA.22-Y-B - Estado do Pará. Programa PLGB, CPRM / Serviço Geológico do Brasil, Brasília, Parte II, Cap. 2*, p. 37-93.
- Meireles E.M., Hirata W.K., Amaral A.F., Medeiros Fo. C.A., Gato V.C. 1984. Geologia das folhas Carajás e Rio Verde, Província Mineral dos Carajás, Estado do Pará. *An. XXXIII Congr. Bras. Geol.*, v. 5, p. 2164-2174.
- Meirelles M.R. & Dardenne M.A. 1993. Geoquímica e gênese dos jaspilitos arqueanos da Serra dos Carajás, Pará. *IV Congr. Bras. Geoq., Resumos Expand*, p. 131-132.
- Mosier D.L. & Singer D.A. 1992. Grade and tonnage model of Superior Fe and Algoma Fe deposits. In Cox D.P. & Singer D.A. (eds.) *Mineral deposit models*, U.S. Geol. Surv. Bull 1693, 3rd ed., p. 228-230.
- Oliveira J.R., Silva Neto C.S., Costa E.J.S., Jorge João X.S. 1994. Geologia da Folha Serra Pelada. In Oliveira J.R., Silva Neto C.S., Costa E.J.S. (org.) *Serra Pelada Folha SB.22-X-C - Estado do Pará. Programa PLGB, CPRM / Serviço Geológico do Brasil, Brasília, Parte II, Cap. 2*, p. 32-65.
- Santos B.A. 1981. *Amazônia. Potencial mineral e perspectivas de desenvolvimento*. Editora da Universidade de São Paulo, p. 74-86.
- Teixeira J.B.G., Ohmoto H. & Eggler D.H. 1997. Elemental and oxygen isotope variations in Archean mafic rocks associated with the banded iron-formation at the N4 iron deposit, Carajás, Brazil. Costa M.L. & Angélica R.S. (coords.), *Contribuições à geologia da Amazônia*. Belém, FINEP / SBG, p. 161-201.
- Tolbert G.E., Santos B.A., Almeida E.B., Ritter J.E. 1968. Recente descoberta de ocorrências de minério de ferro no Estado do Pará. *Min. Met.*, v. XLVIII, no. 288, p. 253-256.
- Tolbert G.E., Tremaine J.W., Melcher G.C., Gomes C.B. 1971. The recently discovered Serra dos Carajás iron deposits. *Econ. Geol.* v. 66, p. 985-994.
- Walde D.H.G. 1986. Geologia do ferro. In: Schobbenhaus C. & Coelho C.E.S. coords. *Principais depósitos minerais do Brasil. Volume II. Ferro e metais da indústria do aço*. DNPM / CVRD, Brasília, p. 3-6.
- Wirth K.R. et al. 1986. U-Pb ages of zircons from the Grão Pará Group and Serra dos Carajás Granites, Pará, Brazil. *Rev. Bras. Geoc.*, v. 16, p. 195-200.

4 Referências adicionais

- Borges V.G. 1994. Geologia da porção norte da jazida de ferro N4, Carajás, Pará. TCC – UFPA.
- Coelho L.H. et al. 1980. Estudos petrográficos. Relat. Int. CVRD.
- Gibbs A.K., Wirth K.R., Hirata W.K., Olszewski W.J. 1985. Age and composition of the Grão-Pará Group volcanics, Serra dos Carajás. An. II Simp. Geol. Amaz. (ou 1986, RBG, v. 16, p. 201-211?).
- Liandrat E. 1972. Reconhecimento ao longo dos rios Itacaiúnas e Parauapebas, município de Marabá, Estado do Pará. Rev. Bras. Geog., v. 34, p. 165-184.
- Macambira J.B., Ramos J.F.F., Assis J.F.P., Figueiras A.J.M. 1990. Projeto Serra Norte. Convênio SEPLAN / DOCEGEO / UFPA.
- Machamer M.F., Tolbert G.E., L'Esperance R.L. 1991. The discovery of Serra dos Carajás, Econ. Geol. Monogr. 8, p. 275-285.
- Matta M.A.S. & Teixeira N.P. 1990. Mapeamento e análise estrutural das unidades lito-estruturais aflorantes na região do platô N-5, Serra Norte, Carajás, Estado do Pará. An. XXXVI Congr. Bras. Geol., v. 5, p. 2309-2320.
- Meirelles M.R. 1986. Geoquímica e metalogênese dos jaspilitos e rochas vulcânicas associadas, Grupo Grão Pará, Serra dos Carajás. Tese de Mestrado, UnB, 150 p.
- Melo et al. 1981. Jazida N4E, Geologia e Reservas. Distrito Ferrífero da Serra dos Carajás. AMZA, Rio de Janeiro, 4 vol.
- Rezende N.P. & Barbosa A.L.M. 1972. Distrito Ferrífero da Serra dos Carajás, Estado do Pará. CVRD / CMM. Relatório Técnico apresentado ao DNPM, Rio de Janeiro. Vol. I: texto, 250 p., Vol. II: mapas e seções geológicas, 119 p.
- Rosière C.A. & Chemale Jr. F. 2000. Brazilian iron formations and their geological setting. Rev. Bras. Geoc., v.30, p. 274-278.
- Teixeira, J.B.G. & Eggler, D.H. 1994. Petrology, geochemistry, and tectonic setting of Archean basaltic and dioritic rocks from the N4 Iron deposit, Serra dos Carajás, Brazil. Acta Geol. Leopold. v., 40: p. 71-114.
- Teixeira J.B.G. 1994. Geochemistry, petrology, and tectonic setting of Archean basaltic and dioritic rocks from the N4 iron deposit, Serra dos Carajás, Pará, Brazil.. PhD Thesis, Penn State University, University Park, PA, 161 p.
- Tolbert G. et al. 1970. Geology and iron-ore deposits of the Serra dos Carajás, Pará, Brazil. International Symposium on the Geology and Genesis of Precambrian Iron / Manganese Formation and Ore Deposits, Kiev.
- Townend R. et al. 1980. Estudos petrográficos. Relat. Int. CVRD.

DEPÓSITOS DE MANGANÊS

Os depósitos de manganês da Província de Carajás são Buritirama, Sereno e Azul (eg. Anderson et al. 1974; Santos 1981; Faraco et al. 1996). Segundo estes autores, Buritirama e Sereno estão localizados, em termos de estratigrafia, no Grupo Buritirama, uma unidade VS neoarquena da porção norte da província pertencente ao Supergrupo Itacaiúnas. O depósito do Azul, por sua vez, pertence à cobertura tardi-arqueana de plataforma referida ao Grupo Rio Fresco ou Águas Claras que recobre as unidades VS Itacaiúnas. Vieira & Brauer (1996) colocam também a área do Sereno no Grupo Rio Fresco*.

1 Buritirama

O depósito foi trabalhado e descrito em etapas diferentes por Santos (1971), Dyer (1973), Anderson et al. (1974), Bello (1978) e Andrade et al. (1986; sintetizado por Coelho & Schobbenhaus). Informações compiladas estão também disponíveis em Carvalho (1994), Damasceno & Oliveira (1994) e Faraco et al. (1996). As reservas medidas são da ordem de 17,4 Mt de minério com 12 Mt de minério recuperável. O teor médio não é especificado em Andrade et al. (1986).

A sequência Buritirama mostra da base para o topo quartzitos micáceos, mica-xistos, biotita-xistos, quartzitos bandados e xistos variados. Quartzitos micáceos são sericíticos ou muscovíticos. Unidade de mica-xistos inclui xistos carbonatados, rochas cálcio-silicáticas, leitos de mármore, horizontes-protominério de manganês, e intercalações de quartzitos bandados hematíticos. O protominério é constituído principalmente de carbonatos, silicatos e óxidos de Mn (braunita, bixbyita e hausmannita) (eg. Anderson et al. 1974). Mica-xistos e quartzito-xistos ocorrem sobrepostos aos quartzitos bandados. Oliveira et al. (1994a,b) seguem a proposta da Docegeo (1988), mantendo a unidade, mas indicam que a sequência é dominada por metassedimentos. Com base em similaridades litológicas, estruturais e metamórficas, correlacionam-na com metassedimentos da serra do Cinzento, pertencentes ao Grupo Pojuca, Supergrupo Itacaiúnas, da Docegeo (1988) ou, alternativamente, ao Grupo Salobo dos mesmos Oliveira et al. (1994a,b).

Descrição mineralógica e petrográfica mais precisa do protominério é apresentada por Andrade et al. (1986), baseados em Bello (1976, 1978) e Valarelli et al. (1974, 1978a). De modo geral, os protominérios de manganês de Buritirama caracterizam-se pela natureza silico-carbonática, ausência de grafita e presença de braunita (Mn_2O_3), bixbyita ($(Mn,Fe)_2O_3$) e hausmannita (MnO_4), além de carbonatos da série Mn-calcita, Mn-kutnahorita, piroxenóides manganíferos (piroxmanguita e rodonita),

*Para Anderson et al. (1974) e Santos (1981, p. 96), Sereno estaria no Supergrupo Buritirama; no mapa de Faraco et al. (1996), Sereno aparece dentro de uma sequência VS rica em materiais básico-ultrabásicos, discriminada da sequência de Buritirama; na legenda do mapa, entretanto, o termo Sereno aparece como unidade estratigráfica ao lado de Buritirama; em relação à Folha Serra Pelada (Oliveira et al. 1994a), as ocorrências do Sereno estão localizados logo a leste do meridiano 49° 30' (fora do mapa), na extensão da unidade metassedimentar do Grupo Rio Novo (de natureza vulcano-sedimentar); parte da área de ocorrência deste grupo aparece no mapa de Docegeo (1988) como um *greenstone belt* do Supergrupo Andorinhas; entretanto, na área correspondente às ocorrências do Sereno neste mapa não é mostrada nenhuma sequência vulcano-sedimentar; neste mapa, a unidade metassedimentar do Grupo Rio Novo acima referida aparece como cobertura Rio Fresco; Vieira & Brauer (1996) colocam Sereno no Grupo Rio Fresco.

olivina (tefroíta), espessartita, Mn-clinoanfíbólio (cummingtonita a dumortierita), manganoflogopita (manganofilita) e acessórios como alabandita (MnS), esfalerita, Mn-espinélio, pirofanita (MnTiO₃), apatita e barita. Tipos petrográficos de protominério incluem mármore calcissilicáticos, xistos calcissilicáticos, piroxmanguita-mármore, braunita-mármore e tefroíta-alabandita-mármore.

Machamer (1987) classifica o protominério de Buritirama dentro do seu tipo I, associado a *greenstone belts*, normalmente de idade arqueana, isto é, um equivalente manganífero de BIFs tipo Algoma. A classificação se sustenta em função da idade, natureza vulcano-sedimentar e idade arqueana do Grupo Serra de Buritirama. O depósito é classificado pelo autor citado dentro do subtipo *gondito*, com significativo componente silicático no protominério (em contraposição aos protominérios carbonáticos dos denominados *queluzitos*, eg. Serra do Navio e Conselheiro Lafaiete). Este último subtipo, comparativamente, geraria oxidados de melhor qualidade industrial e que se estenderiam a profundidades maiores.

2 Sereno

O depósito tem relevância histórica: foi descoberto em 1966 e suscitou interesse mais específico sobre a região, fato que levou à descoberta, logo em seguida (1967), dos grandes depósitos de ferro da província (v., por exemplo, Santos, 1981, p. 11-14). A reserva potencial estimada para Sereno é de 1,6 Mt de minério, ou seja, cerca de 1/10 daquela de Buritirama.

Anderson et al. (1974) consideram Sereno como do mesmo tipo de Buritirama, sendo hospedado em rochas metassedimentares similares (p. 156 e 158). No conjunto, Sereno consta de 28 ocorrências lenticulares hospedadas em xistos e quartzitos. Amostra selecionada da maior delas (Serra Rica) indicou minério supergênico à base de criptomelana e pirolusita, com cerca de 20% Mn, 4% Fe, 43% SiO₂, 11,5% Al₂O₃, 0,7% BaO e 1,5% K₂O. O material de subsuperfície é também descrito como altamente silicoso, o que garantiria aparentemente uma classificação como tipo I, subtipo *gondito*, de Machamer (1987).

Entretanto, segundo Vieira & Brauer (1996), citando CMM (1973), o protominério de Sereno é um metapelito manganífero pertencente ao Grupo Rio Fresco (ver breve discussão ao final da página anterior). Os autores descrevem material de enriquecimento supergênico principalmente na forma de blocos maciços a porosos, ou com textura brechóide, além de canga manganífera de platô com fragmentos de óxidos de manganês e de metapelito. Em subsuperfície, ocorre enriquecimento de óxidos de manganês nos já citados metapelitos e em quartzitos manganíferos bandados, níveis brechados ricos em quartzo e em níveis decimétricos individualizados, maciços, nos metapelitos.

3 Azul

Azul é o depósito de manganês mais importante da Província de Carajás. Ele contém 65 Mt de minério de @ 35% Mn (ca. 23 Mt metal), sendo portanto significativamente maior do que Buritirama (17,4 Mt de reservas medidas). Seu contexto geológico também é diferente do de Buritirama: Azul está contido em metassedimentos tardi-arqueanos de cobertura, referidos ao Grupo Rio Fresco ou Águas Claras. Um aspecto histórico interessante é que Azul foi a primeira jazida a ser objeto de lavra industrial na província.

O depósito foi apresentado primeiramente por Anderson et al. (1974). O protominério neste caso é um (meta)pelito manganífero, distribuído em duas camadas, uma mais rasa contendo óxido de manganês em concentrações de até 36%, e outra, mais profunda, rica em rodocrosita, com cerca de 21 a 26% Mn. A camada inferior e suas unidades encaixantes contêm também material carbonoso e pirita. Parte do metapelito rico em óxidos de manganês é evidentemente considerada minério.

Descrições subsequentes são feitas por Bernardelli & Beisiegel (1978), Valarelli et al. (1978b), Bernardelli (1982), Coelho & Rodrigues (1986) e Silva (1988). São descritos depósitos superficiais (pisólitos, blocos e plaquetas e brecha lateríticas contendo manganês), depósitos subuperficiais (saprólitos enriquecidos em manganês, derivados principalmente de metapelitos manganíferos) e protominérios (unidades manganíferas superior e inferior) (eg. Bernardelli & Beisiegel 1978). A unidade superior é descrita como uma marga manganífera rítmica, com bandas químicas contendo rodocrosita e material carbonoso alternando-se com bandas clásticas à base de quartzo e argilominerais. A camada inferior é um calcáreo manganífero maciço a laminado, sendo constituída essencialmente por rodocrosita associada a material carbonoso, além de pirita disseminada, em estratos e como cristais euédricos, e, ocasionalmente, argilominerais em lâminas. Na base da unidade inferior são constatados rodocrosita recristalizada e em veios, e estratos carbonáticos microboudinados. Siltitos e argilitos encaixantes são também laminados e exibem significativa disseminação de pirita. Material carbonoso também ocorre, sendo mais abundante na base do pacote. Jaspilitos foram interceptados em sondagem abaixo da unidade manganífera inferior (Bernardelli & Beisiegel 1978; Coelho & Rodrigues 1986).

Os autores supracitados são unânimes em comparar Azul com os depósitos proterozóicos da Série Frencevilliana de Moanda, no Gabão. Machamer (1987), por exemplo, coloca ambos Azul e Moanda no seu Tipo III, caracterizado como hospedado em folhelhos negros manganíferos e carbonosos, contendo minerais argilosos e carbonato de manganês. Os folhelhos ocorrem associados a sedimentos clásticos e químicos (chert, dolomitos, jaspilitos) epicontinentais proterozóicos. Entretanto, embora seu estilo geológico seja desta idade, a sequência hospedeira do Azul é atualmente reconhecida como tardi-arqueana. Além disso, vários autores a partir de Anderson et al. (1974) têm colocado Azul como um depósito formado por deposição de manganês em ambiente epicontinental lagunar a partir da erosão de rochas básicas e BIFs do embasamento (Grupo Grão Pará), que contêm, respectivamente 0,38% e 0,56% Mn (eg. Bernardelli, Valarelli e colaboradores 1978; 1982; Silva 1988; Faraco et al. 1996). Existe também a sugestão de que protominérios sedimentares de manganês tenham relação genética com folhelhos negros, já que são comumente encontrados como um fácies lateral destes últimos (Cf. Force & Cannon 1988 in Evans 1993).

4 Referências

- Anderson W.L., Dyer R.C., Torres D.D. 1974. Ocorrências de manganês na Bacia do Rio Itacaiúnas, centro do Estado do Pará. XXVIII Congr. Bras. Geol., v. 6, p. 149-164.
- Andrade F.G., Nakashima J., Podestá P.R. 1986. Depósito de manganês da Serra de Buritirama, Pará. Sintetizado por Coelho C.E.S. & Schobbenhaus C. In: Schobbenhaus C. & Coelho C.E. S. coords. Principais depósitos minerais do Brasil. Volume II. Ferro e metais da indústria do aço. DNPM / CVRD, Brasília, p. 153-175.

- Beisegel W.R. et al. 1973. Geologia e recursos minerais da Serra dos Carajás. Rev. Bras. Geol., v. 3 (4), p. 215-242.
- Bello R.M.S. 1978. Condições de metamorfismo de Buritirama, Pará e de Serra do Navio, Amapá. Tese de Mestrado IG-USP, 147 p.
- Bello R.M.S., Candia M.A.F., Coutinho J.M.V., Valarelli J.M. 1976. Ocorrência simultânea de piroxanguita e rodonita em protominérios de manganês brasileiros. An. XXIX Congr. Bras. Geol., Resumos, p. 315.
- Bernardelli A.L. 1982. Jazida de manganês do Azul. In Bernardelli A.L. (coord.) et al., Província Mineral de Carajás. Anex. An. I Simp. Geol. Amaz., p. 47-60.
- Bernardelli A.L. & Beisegel W.R. 1978. Geologia econômica da jazida de manganês do Azul. An. XXX Congr. Bras. Geol., v. 4, p. 1431-1444.
- Carvalho J.M.A. 1994. Metalogenia. In Oliveira J.R., Silva Neto C.S., Costa E.J.S. (org.) Serra Pelada Folha SB.22-X-C - Estado do Pará. Programa PLGB, CPRM / Serviço Geológico do Brasil, Brasília, Parte II, Cap. 7, p. 161-172.
- Coelho C.E.S. & Rodrigues O.B. 1986. Jazida de manganês do Azul, Serra dos Carajás, Pará. In Schobbenhaus C. & Coelho C.E. S. coords. Principais depósitos minerais do Brasil. Volume II. Ferro e metais da indústria do aço. DNPM / CVRD, Brasília, p. 145-152.
- Damasceno B.C. & Oliveira J.R. 1994. Geologia Econômica. In Oliveira J.R., Silva Neto C.S., Costa E.J.S. (org.) Serra Pelada Folha SB.22-X-C - Estado do Pará. Programa PLGB, CPRM / Serviço Geológico do Brasil, Brasília, Parte II, Cap. 8, p. 173-182.
- Evans A.M. 1993. Ore geology and industrial minerals. An introduction. 3rd ed. Blackwell Science, Oxford, p. 257-261.
- Faraco M.T.L., Carvalho J.M.A., Klein E.L. 1996. Carta Metalogenética da Província de Carajás - SE do Pará. Folha Araguaia (SB.22). Escala 1:1.000.000. Nota Explicativa. CPRM, SUREG-BE. 27 p.
- Force E.R. & Cannon W.F. 1988. Depositional models for shallow-marine manganese deposits around black shale basins. Econ. Geol., v. 83, p. 93-117.
- Machamer J.F. 1987. A working classification of manganese deposits. Min. Mag. 157, p. 348-351.
- Oliveira J.R., Silva Neto C.S., Costa E.J.S., Araújo O.J.B. 1994a. Carta Geológica – Escala 1:250.000. In Oliveira J.R., Silva Neto C.S., Costa E.J.S. (org.) Serra Pelada Folha SB.22-X-C - Estado do Pará. Programa PLGB, CPRM / Serviço Geológico do Brasil, Brasília, Anexo I.
- Oliveira J.R., Silva Neto C.S., Costa E.J.S., Jorge João X.S. 1994b. Geologia da Folha Serra Pelada. In Oliveira J.R., Silva Neto C.S., Costa E.J.S. (org.) Serra Pelada Folha SB.22-X-C - Estado do Pará. Programa PLGB, CPRM / Serviço Geológico do Brasil, Brasília, Parte II, Cap. 2, p. 32-65.
- Santos B.A. 1981. Amazônia. Potencial mineral e perspectivas de desenvolvimento. Editora da Universidade de São Paulo, p. 86-99.
- Silva J.L. 1988. Mina de manganês do Azul. In CVRD / SBG, Província Mineral de Carajás. Litoestratigrafia e principais depósitos minerais. Anexo An. XXXV Congr. Bras. Geol., p. 70-94.
- Valarelli J.V. et al. 1978a. Metamorfismo de Buritirama. An. XXX Congr. Bras. Geol., v. 3, p. 1357-1363.
- Valarelli J.V., Bernardelli A.L., Beisegel W.R. 1978b. Aspectos genéticos do minério de manganês do Azul. An. XXX Congr. Bras. Geol., v. 4, p. 1670-1679.
- Vasconcelos P.M. 1996. Paleoclimas e evolução geomorfológica da região de Carajás. Bol. Resum. Expand. V Simp. Geol. Amaz., p. 26-30.
- Vieira E.A.P. & Brauer E.H. 1996. Controle da distribuição das concentrações manganesíferas na Serra do Sereno – PA. Bol. Resum. Expand. V Simp. Geol. Amaz., p. 144-146.
- Walde D.H.G. 1986. Geologia do manganês. In: Schobbenhaus C. & Coelho C.E. S. coords. Principais depósitos minerais do Brasil. Volume II. Ferro e metais da indústria do aço. DNPM / CVRD, Brasília, p. 123-126.

5 Referências adicionais

- AMZA. 1977. Relatório Final de Pesquisa, jazida de manganês do Azul. DNPM, Belém.
- Beauvois A. et al. 1987. Pétrologie du gisement latéritique manganésifère d'Azul. Mineral. Deposita, v. 22, p. 124-134.
- CMM. 1973. Relatório final dos trabalhos de pesquisa nas serras do Sereno e Paredão. Rio de Janeiro, 67 p.
- CVRD 1986. Projeto manganês de Carajás. Rio de Janeiro, 91 p.
- Dyer R.C. 1972. Serra de Buritirama, Municípios de Marabá e Itupiranga, Estado do Pará. Relatório preliminar de pesquisa de manganês. Cia. Meridional de Mineração, Rio de Janeiro.
- Dyer R.C. 1973. Serra de Buritirama B-5, alvarás 367/70 e 1.326/72. Relatório dos trabalhos de pesquisa. Cia. Meridional de Mineração, Rio de Janeiro, 107 p.
- Peters T.J. et al. 1977. The manganese deposits of Buritirama, Pará, Brazil. Schweiz-Mineral Petrog. Mitt, v. 57, p. 313-327.
- Pires J.M. 1970. Geobotanical study at Buritirama, State of Pará, Brazil. Relat. Int. Cia. Meridional de Mineração, Rio de Janeiro, 14 p.
- Puty C.O.F. et al. 1972. Projeto Marabá: relatório integrado. DNPM / CPRM.
- Santos B.A. 1971. Dados gerais das ocorrências de manganês de Buritirama. Relat. Interno, Cia. Meridional de Mineração, Rio de Janeiro, 39 p.
- Sorem R.K. 1969. Mineralogy of manganese ores from Brazil. Pullman, Washington, 29 p.
- Trow R.A.J. et al. 1976. Geologia da Região de Tucuruí, Baixo Tocantins, Pará. An. XXIX Congr. Bras. Geol., p. 137-148.
- Valarelli J.V. et al. 1974. Relatório sobre Buritirama, PA, área B5. Instituto de Geociências, USP, 22 p.
- Valarelli J.V. et al. 1976. Paragenetic relations among carbonates, olivines and pyroxenoids in metamorphic carbonate-silicate manganese protore from Brazil. Resumos III Congr. Latino-Amer. Geol., México, p. 142.
- Valarelli J.V. et al. 1980. Partição de Ca, Mg, Mn e Fe entre minerais coexistentes do protominério de manganês de Buritirama, Pará. An.Acad. Bras. Ciênc., v. 52(4), p. 801-805.

DEPÓSITOS DE NÍQUEL

Os depósitos de níquel da Província de Carajás – Vermelho, Onça, Puma e Jacaré - são lateríticos e estão associados a intrusões máfico-ultramáficas acamadadas anorogênicas paleoproterozóicas. Vermelho, localizado próximo às jazidas de ferro da Serra Sul, é o mais estudado. Os outros depósitos encontram-se na porção centro-oeste da província, onde – excetuando-se o caso do Vermelho - está localizada a totalidade dos corpos máfico-ultramáficos acamadados mencionados. Neles são descritos peridotitos serpentinizados, incluindo dunitos e harzburgitos; (orto)piroxenitos tais como bronzititos e hiperstenitos; e noritos, gabros, e anortositos. Os peridotitos serpentinizados são as rochas-mães do minério laterítico.

1 Vermelho

Em Vermelho, o perfil laterítico é constituído por (Alves et al. 1986):

- Solo laterítico, argiloso, ferruginoso, avermelhado, magnético, com pisólitos e porções lateritizadas, podendo conter fragmentos de rocha lateritizados;
- Laterita, material argiloso, ferruginoso, marron a avermelhado até amarelo-alaranjado, sem indícios de textura e geralmente com elevada plasticidade;
- Zona silicosa, esponjosa ou maciça, com veios irregulares e estrutura tipo *boxwork*, contendo material argiloso marron-avermelhado em cavidades; ou como blocos de rocha silicificada em matriz argilosa marron avermelhada escura;
- Saprolito, rocha ultrabásica alterada, argilosa, marron avermelhada a amarelada, friável, com vestígios da textura ou estrutura da rocha original;
- Serpentinito saprolitizado, rocha ultrabásica alterada, argilosa, de cor mais clara e menos friável, com alteração intensa ou limitada à proximidade de fraturas;
- Serpentinito fresco, de cor verde, podendo mostrar vênulas de alteração

Os minérios são classificados em dois tipos: minérios gamieríticos (silicatados), que ocorrem geralmente nas zonas de saprolito e serpentinito saprolitizado, e minérios limoníticos (ou “oxidados”), que ocorrem nas porções intermediárias e superiores do perfil, e nos quais o níquel se encontra na estrutura da goethita. Os primeiros são mais ricos em níquel (2% em média), com ferro relativamente baixo (média 22%) e magnésio alto (média 20%). No tipo limonítico, os teores são em média de 1,2%, com percentagem de ferro evidentemente alta (52% em média) e magnésio baixo (2,7% em média). Além disso, este tipo de minério tem teor médio de cobre de 260 ppm, zinco de 300-400 ppm e cobalto de 1200 ppm, este último em associação particular com óxidos de manganês, formando *wad*. O protominério (serpentinito) apresenta em média 0,3% Ni. As reservas são de cerca de 44 Mt divididas em partes aproximadamente iguais entre os dois tipos de minério (Alves et al. 1986; Bernardelli & Alves 1988). Entretanto, Cordeiro (1999), em reavaliação com base em sondagens recentes (1997), cita recursos totais de 100 Mt @ 1.47% Ni e 0.1% Co com *cut off* de 1% Ni

2 Puma – Onça

Nestas intrusões, anortositos aparecem como componentes significativos. Bronzititos grossos, com cristais de até 1,5 cm são também descritos em associação com os outros tipos petrográficos, que repetem aqueles citados nos itens anteriores.

As reservas são de 44 Mt @ 2,18% Ni para um *cut-off* de 1,5%, sendo 20 Mt @ 2,3% Ni reservas medidas. Os dados aqui apresentados são extraídos de Heim & Castro F° (1986).

O perfil laterítico é particularmente bem desenvolvido sobre as rochas ultramáficas serpentinizadas. Um perfil completo sobre estas rochas consta de:

- capeamento ferrífero	>40% Fe	<1% Ni
- Limonita	20-40% Fe	>1% Ni
- Saprólito	<20-30% Fe	>1% Ni
- Rocha fresca	<10%Fe	<0,5% Ni

Podem ser discriminados vários tipos de perfis com base na variação de Ni, Fe, SiO₂ e MgO. Os mais importantes do ponto de vista de minério são:

- Tipo *saprólito*, com limonita restrita ao primeiro metro ou inexistente, e teor de Ni entre 1 e 3,5%
- Tipo *limonita-saprólito*, com limonita entre 2 e 7 m com teor de Fe entre 30 e 50% e de Ni entre 1 e 3,5%

Cobalto é enriquecido no tipo limonita-saprólito. Teores acima de 0,2% Co são por exemplo comuns em perfis com teor de Fe entre 50 e 65%.

Os autores consideram que o minério niquelífero foi gerado pela conjunção de vários fatores favoráveis: rocha-mãe rica em níquel na forma de dunitos, peridotitos e harzburgitos serpentinizados com cerca de 0,25% Ni; preparação tectônica promovendo permeabilidade para lixiviação de níquel da olivina e ortopiroxênio; geomorfologia de platôs ou peneplanos e clima tropical-subtropical com estações seca e chuvosa, permitindo dispersão de elementos móveis e fixação de produtos residuais no perfil laterítico.

Uma diferença interessante de Puma e Onça em relação a Vermelho é a ausência de zona silicosa intermediária. Isto sugere uma diferença nas condições de geração destes depósitos. De acordo com Golightly (1981), esta zona seria indicativa de regimes tropicais menos úmidos e com estação seca bem marcada, enquanto os perfis dela desprovidos ter-se-iam formados em clima relativamente mais úmido e com estação seca mínima. Existe, entretanto, nos depósitos de Puma e Onça o registro de perfis lateríticos silicosos que ocorrem em platôs, constituídos em afloramento por jasperóide, calcedônia e *boxwork* silicoso e em profundidade por uma mistura de horizontes enriquecidos ferro (20-50%) e sílica (30-65%) em geral com <1% Ni e por horizonte saprolítico com valores de níquel mais elevados (Heim & Castro F°. 1986).

3 Jacaré - Jacarezinho

Segundo Castro F° & Mattos (1988), o quadro geológico destes depósitos é similar ao acima descrito para Puma e Onça, incluindo perfis lateríticos com características químicas e mineralógicas de mesma natureza. Não existe referência a zona silicosa no perfil laterítico ideal apresentado (p. 375). Mas ocorre um capeamento silicoso (silicrete) em mesas e terraços, com até 30 m de espessura, constituído por material poroso, com cavidades contendo quartzo euédrico, e mostrando venulações de quartzo e *boxwork* silicoso. Além disso, as ilustrações mostradas pelos autores

citados (p. 378) indicam a ocorrência de zona silicosa em vários tipos de perfis lateríticos da área.

As reservas potenciais de Jacaré – Jacarezinho, de cerca de 77 Mt, são comparativamente maiores que as de Puma e Onça mas o teor médio de níquel é menor, de 1.3%, considerando-se *cut-off* de 1% e espessura mínima de 3 m.

Em termos de indícios de mineralização em rocha sã, os dunitos serpentizados contêm espinélio cromífero e as rochas básicas mostram disseminações de calcopirita e pirrotita. Por outro lado, não existe referência à ocorrência de anortositos.

4 Referências

- Alves C.A., Bernardelli A.L., Beisiegel V.R. 1986. A jazida de níquel laterítico do Vermelho, serra dos Carajás, Pará. In: Schobbenhaus C. & Coelho C.E.S. coords. Principais depósitos minerais do Brasil. Volume II. Ferro e metais da indústria do aço. DNPM / CVRD, Brasília, p. 325-334.
- Bernardelli A.L. 1982. Depósito de níquel laterítico do Vermelho. In Bernardelli A.L. (coord.) et al., Província Mineral de Carajás. Anex. An. I Simp. Geol. Amaz., p. 87-95.
- Bernadelli A.L. & Alves C.A.S. 1988. Jazida de níquel laterítico do Vermelho. In CVRD / SBG, Província Mineral de Carajás. Litoestratigrafia e principais depósitos minerais. Anexo An. XXXV Congr. Bras. Geol., p. 133-140.
- Castro Fº L.W. & Mattos S.C. 1986. Depósitos de níquel laterítico de Jacaré e Jacarezinho, município de São Félix do Xingu, Pará. In: Schobbenhaus C. & Coelho C.E.S. coords. Principais depósitos minerais do Brasil. Volume II. Ferro e metais da indústria do aço. DNPM / CVRD, Brasília, p. 368-384.
- Cordeiro A.A.C. 1999. Pesquisa mineral: Panorama atual da CVRD na Amazônia. VI Simp. Geol. Amaz., Manaus, p. 80-83.
- Golightly J.P. 1981. Nickeliferous laterite deposits. Econ. Geol. 75th Anniv. Vol., p. 710-735.
- Heim S.L. & Castro Fº L.W. 1986. Jazida de níquel laterítico de Puma-Onça, município de São Félix do Xingu, Pará. In: Schobbenhaus C. & Coelho C.E.S. coords. Principais depósitos minerais do Brasil. Volume II. Ferro e metais da indústria do aço. DNPM / CVRD, Brasília, p. 347-368.

5 Referências Adicionais

- Alves C.A., Bernardelli A.L., Beisiegel V.R. 1984. A jazida de níquel laterítico do Vermelho, Serra dos Carajás, Pará. At. II Simp. Amazônico.
- Castro Fº L.W. & Heim S.L. 1978. Projeto Puma-Onça, Pará. Relatório Final de Pesquisa. Mineração Serras do Sul Ltda., Goiânia, 2 v.
- Carvalho e Silva M.L.M. & Oliveira S.M.B. 1994. Distribuição do níquel no minério laterítico do Vermelho, Serra dos Carajás (PA). An. XXXVIII Congr. Bras. Geol., v. 1, p. 295-297.
- Souza E.C. & Marques M.T.G. 1994. Panorama litogeoquímico e metalogenético da Suíte Intrusiva Máfico-ultramáfica Cateté, na Folha São Félix do Xingu (SB.22-Y-B), Sul do Pará. An. XXXVIII Congr. Bras. Geol., v. 1, p. 317-318.

DEPÓSITO DE BAUXITA

A Amazônia Oriental contém uma importante província de bauxita a nível mundial, com reservas da ordem de 4 Bt. Os depósitos são do tipo *blanket* laterítico residual e foram desenvolvidos sobre materiais sedimentares – predominantemente arenitos argilosos – de idade cretácica e terciária das bacias do Amazonas e do Pamaíba (Kotschoubey 1988; Bardossy 1983 in Kotschoubey 1988). Em Carajás, entretanto, ocorre uma exceção a este quadro: o depósito bauxítico aí conhecido, no platô N5, é o única concentração de interesse econômico de alumínio da região situado sobre rochas do escudo. O depósito contém 48 Mt @ 35% de alumina “de qualidade média” (Assad & Beisiegel 1982; Alves 1988).

1 Platô N5

O depósito foi inicialmente descrito por Assad e Beisiegel (1978, 1982), e posteriormente estudado em maior detalhe por Lemos (1981), Lemos & Villas (1983), Kotschoubey & Lemos (1985), Kotschoubey (1988) e Alves (1988).

Segundo Assad e Beisiegel (1978, 1982) e Alves (1988), o perfil laterítico do depósito mostra uma sequência bem definida, constituída, do topo para a base, por:

- Material friável, ferruginoso, amarelo a castanho, com teor muito baixo de sílica e, normalmente, teor elevado de alumina (0-4,5 m);
- Laterita ferruginosa, dura, porosa, cavernosa, castanho-avermelhada, normalmente com teor muito baixo em sílica (4,5-13 m) ;
- Material argiloso, plástico, silicoso, de coloração castanho-avermelhada a rósea, provavelmente derivado de rocha (meta)máfica (>13 m).

Kotschoubey (1988) descreve o perfil como de estratificação grosseira e reconhece, da base para o topo, os seguintes horizontes:

- Argiloso rico em quartzo e com fragmentos de rocha caulinizada;
- Argiloso caulinítico seguido de argiloso gipsítico e de couraça ferralítica maciça;
- Bauxítico pseudo-pisolítico e conglomerático concrecionado, e bauxítico terroso.

O perfil alcançaria até várias dezenas de metros, sendo desprovido de capeamento estéril.

O depósito de N5 encontra-se sobre rochas do Grupo Grão Pará, unidade vulcano-sedimentar tardi-arqueana dominada por metabasaltos e jaspilitos (vide secção sobre depósitos de ferro), e vários autores consideram que as bauxitas de N5 originaram-se por laterização de rochas (meta)máficas deste grupo (eg. Assad & Beisiegel 1978, 1982; Lemos & Villas 1983; Alves 1988). Com efeito, furos de sondagem indicaram a ocorrência destas rochas no substrato de N5, e um material argiloso avermelhado encontrado na base do perfil laterítico é referido por Assad & Beisiegel (1982) como provavelmente derivado de rocha máfica.

Para Kotschoubey & Lemos (1985; in Kotschoubey 1988), entretanto, o substrato específico sobre o qual se desenvolveu a bauxita aparentemente não teria sido ainda estabelecido com segurança. Segundo estes autores, com base na ocorrência de camada quartzosa basal com fragmentos intemperizados de provável rocha

pelítica e na composição heterogênea da fração grosseira dos diferentes níveis do perfil, a bauxita de N5 ter-se-ia formado por intemperismo, redeposição e cimentação em vários estágios a partir de sedimentos continentais argilosos ou de solos transportados depositados em substrato de composição pelítica ainda não apropriadamente identificado. O modelo teria como suporte importante o fato de ser coerente com a evolução geológica cenozóica da Amazônia Oriental. A bauxita de Carajás, relacionada a platô do final do Plioceno, seria de mesma idade dos outros depósitos da região, desenvolvidos sobre sedimentos meso-cenozóicos. Além disso, as feições do perfil laterítico de N5 indicariam também a incidência dos mesmos processos geradores dos outros depósitos da região.

2 Referências

- Alves C.A.S. 1988. Depósito de bauxita do platô N5. In CVRD / SBG, Província Mineral de Carajás. Litoestratigrafia e principais depósitos minerais. Anexo An. XXXV Congr. Bras. Geol., p. 123-129.
- Assad R. 1978. Depósitos de bauxita na Amazônia. An. XXX Congr. Bras. Geol., v. 2, p. 2511-2516.
- Assad R. & Beisiegel V.R. 1978. Depósitos de bauxita na Serra dos Carajás. An. XXX Congr. Bras. Geol., v. 4, p. 1385-1391.
- Assad R. & Beisiegel V.R. 1982. Depósito de bauxita do platô N5. In Bernardelli A.L. (coord.) et al., Província Mineral de Carajás. Anex. An. I Simp. Geol. Amaz., p. 97-104.
- Kotschoubey B. 1988. Geologia do alumínio. In Schobbenhaus C. & Coelho C.E.S. (Coords.), Principais depósitos minerais do Brasil, Volume III. Metais básicos não-ferrosos, ouro e alumínio. DNPM, Brasília, p. 599-619.
- Kotschoubey B. & Lemos V.P. 1985. Considerações sobre a origem e a gênese das bauxitas da Serra dos Carajás. An. II Simp. Geol. Amaz., v. 3, p. 48-61.
- Lemos V.P. 1981. Alteração supergênica das rochas básicas do Grupo Grão Pará. Implicações sobre a gênese do depósito de bauxita N-5, Serra dos Carajás. Tese de Mestrado, NCGG-UFPa, 97 p.
- Lemos V.P. & Villas R.N.N. 1983. Alteração supergênica das rochas básicas do Grupo Grão Pará. Implicações sobre a gênese do depósito de bauxita N-5, Serra dos Carajás. Rev. Bras. Geoc., v. 13, p. 165-177.

3 Referências adicionais

- Bardossy G. 1983. A comparison of the main lateritic bauxite regions of our Globe. Proc. II Internat. Sem. on Lateritisation Processes, IAG / USP, São Paulo, p. 15-51.
- Truckenbrodt W., Kotschoubey B., Góes A.M. 1982. Considerações a respeito da idade das bauxitas na parte leste da região amazônica. An. I Simp. Geol. Amaz., v. 1, p. 201-209.

DEPÓSITO DE WOLFRAMITA

1 Pedra Preta

O depósito de Pedra Preta, localizado na porção sul da província, consta de um veio principal de quartzo e rochas encaixantes recristalizadas portando mineralização de wolframita. O conjunto é classificado por Cordeiro et al. (1988) como do tipo "veios compostos entrelaçados" de Jensen & Bateman (1979). As reservas são de cerca de 0,51 Mt @ 1% WO₃. Ao longo dos veios ocorrem ainda topázio, turmalina, wolframita, fluorita, além dos sulfetos pirita, pirrotita, calcopirita, molibdenita e bismutinita. A wolframita tem baixa relação Mn/Fe, sendo classificada mais especificamente como uma ferberita.

As rochas encaixantes são metassedimentos quartzosos do Grupo Lagoa Seca, unidade superior do *greenstone belt* neoarqueano Serra das Andorinhas, e o conjunto de veios parece *strata-bound* uma vez que, de acordo com as ilustrações de Cordeiro et al. (1988), é tabular e acompanha *grosso modo* o contato dos metassedimentos referidos com materiais vulcano-sedimentares basais do *greenstone belt* (Grupo Babaçu, Docegeo 1988).

Sondagens interceptaram abaixo desta zona tabular granito fino a médio, rico em feldspato potássico, relacionado ao Granito Musa, que aflora alguns quilômetros a leste e nordeste do depósitos. No contato entre granito e metassedimentos, ocorre zona de greisen composta por quartzo, muscovita, biotita, fluorita, ferberita fina e sulfetos. O granito tem idade U/Pb de 1.85 Ga e é classificado dentro do grupo de corpos anorogênicos mesoproterozóicos conhecidos na província. O greisen tem paragênese similar àquela dos veios e a situação sugere, se não indica, uma relação genética entre este tipo de granito e a mineralização de tungstênio.

Conclusão algo diferente, entretanto, foi obtida por Rios et al. (1998) com estudo de isótopos de oxigênio em quartzo. Estes autores reconhecem dois tipos particulares de veios na área: veios pré-intrusivos, hospedados em metamorfitos do *greenstone belt*, e compostos por quartzo, topázio e sulfetos, e "veios principais", mais comuns na jazida, que cortam tanto a cúpola greisenizada do granito como as rochas verdes encaixantes, e que são compostos essencialmente por quartzo, topázio, fluorita, mica branca, sulfetos e óxidos, wolframita em particular. No "setor inferior" da jazida (abaixo de 160m de profundidade), o quartzo dos "veios principais" mostra resposta similar de $\Delta^{18}\text{O}$ ao do quartzo do granito hospedeiro, o que indicaria equilíbrio com um mesmo fluido. Considerando o conjunto dos dados, os autores concluem que os fluidos responsáveis pela mineralização são externos ao Granito Musa, tendo entrado no sistema hidrotermal local após longo tempo de residência nas rochas circunvizinhas.

2 Referências

Cordeiro A.A.C., Alves C.A.S., Biagini D.O., Fonseca L.R., Nascimento J.A.S., Azevedo, I.L., Santos F.F. 1988. Depósito de wolframita de Pedra Preta, sul do Pará. In CVRD / SBG, Província Mineral de Carajás. Litoestratigrafia e principais depósitos minerais. Anexo An. XXXV Congr. Bras. Geol., p. 161-165.

Docegeo. 1988. Revisão litoestratigráfica da Província Mineral de Carajás. Anais XXXV Congr. Bras. Geol., Anexo 'Província Mineral de Carajás - Litoestratigrafia e principais depósitos minerais', p. 9-54.

Jensen M.L. & Bateman A.M. 1979. Não citado no artigo. Presume-se que se trata do livro destes autores, de 1979, Economic mineral deposits, 3a. ed., John Wiley & Sons, New York, 593 p.

Rios F.J., Villas R.N., Fuzikawa K., Sial A.N., Mariano G. 1998. Isótopos de oxigênio e temperatura de formação dos veios mineralizados com wolframita da jazida Pedra Preta, Sul do Pará. *Rev. Bras. Geoc.*, v. 28, p. 253-256.

3 Referências adicionais

Cordeiro A.A.C., Alves C.A.S., Fonseca L.R., Nascimento J.A.S., Azevedo, I.L., Santos F.F. 1984. Pesquisa geológica da jazida de wolframita de Pedra Preta, Rio Maria. *An II Simp. Geol. Amaz.*, p. 374-390. (Ou An. II Symposium Amazônico, Manaus, MME / DNPM?)

Docegeo. 1982. Relatório Final de Pesquisa, área Pedra Preta. Belém, 4 vol.

Gastal M.C.P. 1987. Maciço granítico Musa: mapeamento, petrologia e petroquímica, Rio Maria, SE do Pará. Centro de Geociências UFPA, 327 p.

Rios F.J. 1995. A jazida de wolframita de Pedra Preta, granito Musa (PA): estudo dos fluidos mineralizantes e isótopos estáveis de oxigênio em veios hidrotermais. Tese Doutorado CG-UFPA, 214 p.

Rios F.J., Fuzikawa K., Villas R.N., Pimenta M.A. 1996. Estudo de inclusões fluídas modificadas em quartzo de veios hidrotermais com wolframita, jazida de Pedra Preta, Amazônia Oriental (PA). *An. XXXIX Congr. Bras. Geol.*, v. 7, p. 454-456.

Rios F.J., Fuzikawa K., Villas R.N., Pimenta M.A. 1997. Estudo de inclusões fluídas modificadas em quartzo de veios hidrotermais com wolframita, jazida de Pedra Preta, Amazônia Oriental (PA). *Rev. Escola Minas*, v. 50, p. 40-44.

Rios F.J., Villas R.N., Fuzikawa K. Fluid and metallogenetic evolution of the Pedra Preta wolframite ore deposit, East Amazon, Brazil (submetido a *Mineralium Deposita*)

Rios F.J., Villas R.N., Fuzikawa K., Sial A.N., Mariano G. 1996. Uso de isótopos de oxigênio no estudo metalogenético da jazida de W de Pedra Preta, Granito Musa (PA). *Bol. Resum. Expand. V Simp. Geol. Amaz.*, p. 128-131.

Santos J.F. 1987. Tipologia e gênese do depósito de tungstênio de Pedra Preta – PA. Diss. Mestrado., Inst. Geoc. USP, 100 p.

PROSPECTOS DE CROMITA, PLATINÓIDES E SULFETOS DE Cu-Ni

Este item se refere a quatro prospectos. Na área de Luanga são conhecidos cromititos - com platinóides associados - hospedados em um sill de um *greenstone belt* neo-arqueano. Em Serra da Onça e Serra do Puma, foram detectados indícios de platinóides na forma de pepitas e pintas em concentrados de solo provenientes de intrusão acamadada anorogênica paleoproterozóica que contém ocorrências de sulfetos disseminados, além do depósito de níquel laterítico descrito na secção sobre este metal. No prospecto Borrachudo são conhecidos sulfetos de Cu-Ni em associação com magnetitos hospedados rochas metabásicas.

1 Luanga

Os cromititos de Luanga foram originalmente descritos e estudados por Medeiros Fo. & Meireles (1985) e Suita & Nilson (1988, 1991).

Os cromititos ocorrem em um sill máfico-ultramáfico sinvulcânico, localizado no que parece ser o único *greenstone belt* "típico" conhecido na porção norte da província*. O sill é acamadado, lensóide, com cerca de 7x3 km, sendo formado por sequência de rochas cumuladas com olivina forsterítica (\pm Cr-espinélio), ortopiroxênio bronzítico (\pm Cr-espinélio) e Ca-plagioclásio, que correspondem a dunitos, ortopiroxênitos, noritos gabros e leuconoritos anortosíticos. Os cromititos formam zona de *float* com 900 m; são maciços, com textura granular, cumulada fina, e seus contatos com rochas serpentinizadas são gradacionais e marcados por faixa com talco e/ou clorita e quantidades variáveis de cromo-espinélio. A espessura do minério verificada em sondagem é de até 2 m. O conjunto todo foi deformado e metamorfozido em fácies xisto verde a anfíbolito.

Segundo Medeiros F^o e Meireles (1985), os cromititos seriam do tipo estratificado arqueano (*stratified Archean type*), que apresentaria feições comuns tanto a cromititas estratiformes e como a cromititas podiformes. Para Suita & Nilson (1988, 1991), os cromititos são estratiformes e mostram algumas similaridades com aqueles de Selukwe, no Zimbábue, também localizados em sill pertencente a um *greenstone belt* tardi-arqueano.

Diella et al. (1995, 1996) mostram que cromititas de diferentes níveis do sill revelam variações químicas coerentes com a estratigrafia, que seriam evidentemente indicativas do caráter estratiforme dos cromititos. Ocorre diminuição de teor de Cr₂O₃ (40 a 18%) e ferro, e aumento de teor de Al₂O₃ (20 a 50%) em direção ao topo estratigráfico do sill. Os autores verificaram a ocorrência nos cromititos de sulfetos (pentlandita, pirrotita, millerita e mackinawita) e minerais do grupo da platina (braggita, sperrylita, sulfo-arsenietos com platinóides). Platina é o elemento dominante entre os platinóides, com concentrações de até cerca de 9 ppm. Este seria, segundo os autores, um aspecto anômalo em relação a cromititos estratiformes.

Luanga representaria então um raro exemplo de cromitito associado a *greenstone belt*. O único outro depósito economicamente importante conhecido nesta situação geológica seria Selukwe.

* Esta unidade tipo *greenstone belt*, localizado na região de Serra Pelada, denominada Grupo Rio Novo (Hirata 1982; Oliveira et al. 1994) e colocada no Supergrupo Andorinhas (que engloba os *greenstones* da província; Docegeo 1988), tem uma localização "anômala" pois ocorre em meio aos terrenos gnáissicos do norte da província, isto é, fora dos terrenos granito-*greenstone*, praticamente restritos à porção sul da província.

2 Serra da Onça

A descrição original do prospecto de platinóides de Serra da Onça é de Macambira et al. (1993a,b) O corpo máfico-ultramáfico mineralizado é caracterizado como um complexo acamadado diferenciado, anorogênico, de idade paleoproterozóica (Macambira & Tassinari 1998). O complexo se estende por cerca de 25 km com largura de 2.5 a 4 km, sendo constituído predominantemente por gabros, com dunitos serpentizados, ortopiroxenitos, harzburgitos e lherzolitos subordinados. Níveis sulfetados foram indentificados em gabros de textura média e, localmente, grossa, e em serpentinitos. Piroxenitos cumulados incluem tipos de textura grossa, considerados pelos autores petrograficamente similares aos do Merensky Reef, horizonte sulfetado portador de platinóides do Complexo de Bushveld, na África do Sul. Heim & Castro F^o (1986) indicam em mapa geológico (p. 360) várias ocorrências de sulfetos disseminados no âmbito do complexo, incluindo disseminações de pirita e calcopirita em harzburgitos, piroxenitos e gabros.

Os platinóides de Serra da Onça foram identificados na forma de pepitas compostas por misturas de Pt, Ir, Os, Pd de mineralogia não definida, obtidas em concentrados de bateia de solos residuais ou pouco transportados. Associados aos grãos de platinóides ocorrem cromita, ouro e oxi-hidróxidos de ferro. A fonte primária destas pepitas não é conhecida mas pode estar relacionada aos horizontes sulfetados e a reconcentrações de platinóides na crosta laterítica que cobre o complexo.

Cerca de dez corpos máfico-ultramáficos geologicamente similares ao de Serra da Onça são conhecidos na porção centro-oeste da província de Carajás. Eles distribuem-se sobre uma área de aproximadamente 8.000 km² e são reunidos na denominada Suíte Intrusiva Cateté (Macambira et al. 1997).

Hulbert (1996) sugere que estes corpos podem ser remanescentes erosivos de um grande complexo acamadado como o de Bushveld. A partir de algumas secções feitas no complexo e de análises petrográficas, este autor reconhece algumas feições similares de Serra da Onça com Bushveld. Na LT 130, por exemplo, foram identificados, em meio aos gabros, cumulados noríticos e anortosíticos com indícios de turbulência magmática. Camadas centimétricas de anortositos, por exemplo, mostram-se truncadas; outras lentes da mesma rocha mostram mergulho vertical e "consistem de lâminas lenticulares acunhadas com acumulações basais de plagioclásio de topo plano e concavidade para baixo, mostrando concentrações de ortopiroxênio com acamamento gradacional inverso" (*consist of tapering lens shaped laminae with flat tops and concave down basal plagioclase accumulations possessing reverse grading orthopyroxene concentrations*). As litologias noríticas e anortosíticas neste intervalo de 100 a 200 m sobrejacente à zona ultramáfica demarcariam uma distinta zona crítica similar às suas contrapartes da Zona Crítica do Complexo de Bushveld (Hulbert 1996, p. 5-6).

Outro litotipo peculiar de Serra da Onça é uma "rocha híbrida", descrita por Heim & Castro F^o (1986, p. 362) como consistindo de anortosito e remanscente de quartzito, mostrando em lâmina delgada "plagioclásio ($\pm 85\%$), menores quantidades de hornblenda e piroxênio e traços de esfero em quartzito recristalizado, cortado por vênulas de quartzo". Os mesmo autores referem também a ocorrência no complexo de bronzititos grossos, com cristais de até 1,5 cm, que exibem em afloramento uma textura "tosca" característica.

Souza e Marques (1994) registram anomalias litogeoquímicas de platina e paládio em rochas de Serra da Onça.

3 Serra do Puma

Este propecto está relacionado à intrusão homônima que repete em tamanho e geologia a intrusão de Serra da Onça acima descrita. Segundo Macambira et al. (1996), Serra do Puma é consituida por serpentinitos, peridotitos serpentinizados, orto e clinopiroxenitos e troctolitos, além de gabros variados, incluindo olivina-gabros e gabro-noritos. No conjunto predominam gabros compostos por plagioclásio, augita, actinolita, hornblenda, escapolita, quartzo e minerais opacos. Várias das litologias mencionadas mostram texturas cumuladas, além de possíveis alterações hidrotermais representadas em termos de mineralogia por serpentina, uralita e escapolita, e ocorrência de sulfetos disseminados. O corpo máfico-ultramáfico não mostra deformação penetrativa, tendo sofrido apenas deformação rúptil pouco acentuada.

Minerais do grupo da platina foram detectados em concentrados de solo residual sobre o corpo máfico-ultramáfico e em concentrados de material aluvionar coletado em drenagens à jusante dele. Os minerais formam pintas submilimétricas, com formas esféricas, achatadas e irregulares. Análise química de uma destas partículas mostrou liga natural de platina (~88%) e ferro (8,8%).

Os autores sugerem que os sulfetos observados nas litologias de Serra do Puma podem ter funcionado como coletores de platinóides no estágio "durante o processo de evolução magmática" da intrusão. Além disso, a lateritização regional, de idade terciária, que afetou-a pode também ter causado concentração supergênica de destes elementos, além dos depósitos lateríticos de níquel já conhecidos (ver secção sobre este metal).

4 Borrachudo

Farias et al. (1996) descrevem o Alvo Borrachudo, constituído de rochas metabásicas com apófises de granitos com características semelhantes às dos corpos anorogênicos conhecidos na região. As rochas metabásicas contêm leitos de (apatita)-magnetitos maciços ou levemente laminados aos quais se associa mineralização de sulfetos magmáticos ricos em Fe-Cu-Ni na forma de bandas maciças e disseminações na rocha encaixante xistificada. As rochas metabásicas mostram diferenças químicas expressivas em relação a litologias do Grupo Grão Pará que ocorrem na região. Os autores sugerem que se trata de um corpo ígneo diferenciado e independente que se alojou em área de exposição do Grão Pará depois da deposição deste mas antes de ou junto com a colocação dos diques e sills gabróicos do vizinho prospecto Águas Claras. Disseminações, vênulas e bolsões de pirita e calcopirita observados em rochas básicas e granitos são interpretados como remobilização hidrotermal relacionada com o evento granítico anorogênico.

5 Referências

- Diella V., Ferrario A., Girardi V.A.V. 1995. PGE and PGM in the Luanga mafic-ultramafic intrusion in Serra dos Carajás (Pará State, Brazil). *Ore Geol. Rev.*, v. 9, p. 445-453.
- Diella V., Ferrario A., Girardi V.A.V. 1996. Selected chromitites of the Precambrian Brazilian shield: Bulk chemistry, PGE characterization and PGM inclusions. *An. XXXIX Congr. Bras. Geol.*, v. 6, p. 166-170.
- Docegeo. 1988. Revisão litoestratigráfica da Província Mineral de Carajás. *Anais XXXV Congr. Bras. Geol.*, Anexo 'Província Mineral de Carajás - Litoestratigrafia e principais depósitos minerais', p. 9-54.

- Farias E.S., Villas R.N., Medeiros Fº C.A. 1996. O Alvo Borrachudo, região de Carajás, PA: aspectos petrográficos, geoquímicos e metalogenéticos. Bol. Resum. Expand. V Simp. Geol. Amaz., p. 134-136.
- Heim S.L. & Castro Fº L.W. 1986. Jazida de níquel laterítico de Puma-Onça, município de São Félix do Xingu, Pará. In: Schobbenhaus C. & Coelho C.E.S. coords. Principais depósitos minerais do Brasil. Volume II. Ferro e metais da indústria do aço. DNPM / CVRD, Brasília, p. 347-368.
- Hirata W.K., Rigon J.C., Kadokaru K., Cordeiro A.A.C., Meireles E.M. 1982. Geologia regional da Província Mineral de Carajás. An. I Simp. Geol. Amaz., Belém, v. 1, p. 100-109.
- Hulbert L. 1996. Serra da Onça Complex: Assessment of Platinum-group element potential. Mission report, Geol. Surv. Can., 10 p.
- Macambira E.M.B. & Tassinari C.C.G. 1998. Estudos Sm/Nd no Complexo máfico-ultramáfico da Serra da Onça-Sul do Pará: Implicações geocronológicas e geotectônicas. An. XL Congr. Bras. Geol., p. 463.
- Macambira E.M.B., João X.S.J., Alves J.N. 1993a. Occurrence of Platinum-group minerals in the Serra da Onça mafic-ultramafic complex, Southern Pará, Brazil. Brazilian PGE Meeting, p. 41-43.
- Macambira E.M.B., João X.S.J., Alves J.N. 1993b. Ocorrência de minerais do grupo da platina no complexo máfico-ultramáfico da Serra da Onça, sul do Pará, Brasil. I Encontro Brasileiro sobre Elementos do Grupo da Platina. Vol. Resum. Expand., p. 41-43.
- Macambira E.M.B., Vale A.G., Jorge João X.S., Andrade B.J.F., Araújo E.S., Serfaty S. 1997. Estratigrafia. In Macambira E.M.B. & Vale A.G. (org.) São Félix do Xingu Folha SA.22-Y-B – Estado do Pará. Programa PLGB, CPRM / Serviço Geológico do Brasil, Brasília, Parte II, Cap. 2, p. 37-93.
- Macambira E.M.B., João X.S.J., Silva M.A., de Dios F. R.B. 1996. Ocorrência de minerais do grupo da platina no complexo máfico-ultramáfico da Serra do Puma – Sul do Pará. An. XXXIX Congr. Bras. Geol., v. 6, p. 196-199.
- Medeiros Fº & Meireles E.M. 1985. Dados preliminares sobre a ocorrência de cromita na área Luanga. An. II Simp. Geol. Amaz., v. 3, p. 90-96.
- Oliveira J.R., Silva Neto C.S., Costa E.J.S., Jorge João X.S. 1994. Geologia da Folha Serra Pelada. In Oliveira J.R., Silva Neto C.S., Costa E.J.S. (org.) Serra Pelada Folha SB.22-X-C - Estado do Pará. Programa PLGB, CPRM / Serviço Geológico do Brasil, Brasília, Parte II, Cap. 2, p. 32-65.
- Souza E.C. & Marques M.T.G. 1994. Panorama litogeoquímico e metalogenético da Suíte Intrusiva Máfico-ultramáfica Cateté, na Folha São Félix do Xingu (SB.22-Y-B), Sul do Pará. An. XXXVIII Congr. Bras. Geol., v. 1, p. 317-318.
- Suita M.T.F. & Nilson A.A. 1988. Geologia do Complexo Máfico-Ultramáfico Luanga (Província de Carajás, Pará) e das unidades encaixantes. An. XV Congr. Bras. Geol., v. 6, p. 2813-2823.
- Suita M.T.F. & Nilson A.A. 1991. O depósito de cromita estratiforme do complexo Luanga, província de Carajás, Pará – Aspectos geoquímicos. III Congr. Bras. Geoq. / I Congr. Geoq. Países de Língua Portuguesa. Resumos 1o. Volume, p. 203-206.

DEPÓSITOS DE OURO PRIMÁRIO (em terrenos granito-*greenstone*)

Depósitos de ouro primário *gold-only* em contexto vulcano-sedimentar na Província de Carajás estão aparentemente restritos aos terrenos granito-*greenstone* que ocorrem no sul da região. Os terrenos mineralizados pertencem ao denominado Supergrupo Serra das Andorinhas (Docegeo 1988) e granitos intrusivos tipo I associados (eg. Leonardos et al. 1981).

1 Lagoa Seca

O ouro dos *greenstones* é exemplificado pela jazida de Lagoa Seca, no nordeste da Serra das Andorinhas, na qual o metal está contido em zonas miloníticas hidrotermalizadas, à base de pirita, biotita, quartzo, plagioclásio e carbonato, hospedadas em metassedimentos clásticos e químicos, incluindo BIFs, com intercalações metavulcânicas máfico-ultramáficas e félsicas, que constituem a unidade superior do Supergrupo Andorinhas. A carbonatização e a silicificação que acompanham a mineralização são intensas e o protólito teria sido uma formação ferrífera ou uma rocha metabásica (Nascimento & Biagini 1988). Ainda no mesmo distrito, ouro ocorre também hospedado em metacherts da unidade inferior, komatiítica a toleítica, do Supergrupo Andorinhas nas localidades de Babaçu e Mamão, próximo a Lagoa Seca (Silva & Cordeiro 1988).

2 Cumaru, Sapucaia

Na região de Cumaru, *greenstone belt* de Gradaús, ouro em *stockwork* envolvido por alteração filica ocorre em associação com o granodiorito do mesmo nome, de idade tardiarqueana, intrusivo no *greenstone belt* referido (Leonardos et al. 1991). Santos et al. (1994, 1998) indicam também a ocorrência de veios de quartzo brechados com *shoots* de alto teor. Estes autores propõem que o depósito tem características tanto do tipo mesotermal (eg. zonas de cisalhamento) como do tipo *porphyry*.

Em Sapucaia, são reportados veios de quartzo em zona de cisalhamento dentro de xisto básico com alteração a quartzo, carbonato e turmalina (Carvalho et al. 1994). Oliveira & Leonardos (1990) e Oliveira (1994) mostram para a área de Mucura (Serra de Diadema) um quadro sugestivo de mineralização tipo mesotermal, na forma de veios de quartzo deformados, bandados, colocados em zona de cisalhamento dúctil e com associação de alteração carbonática, entre outras.

Faraco et al. (1996) mostram sinopticamente que vários garimpos se estendem ao longo do *greenstone belt* de Sapucaia, mostrando claramente o controle que este tipo de associação lito-estrutural exerce na distribuição regional do metal. Este tipo de distribuição sugere que o outro local privilegiado para depósitos primários mesotermiais de ouro seria a área ocupada pelo mesmo Supergrupo Andorinhas, ou Grupo Rio Novo (Hirata et al. 1982; Oliveira et al. 1994), na região de Serra Leste.

3 Outros depósitos

Os depósitos do *greenstone belt* de Identidade, sul da Serra das Andorinhas, são brevemente referidos em Souza et al. (1988). Os depósitos incluem garimpos que exploram tanto aluviões como ocorrências primárias. Estas são constituídas por

veios de quartzo colocados em zonas de cisalhamento associadas a lineamentos miloníticos, com enriquecimento "em brechas e falhas pós-miloníticas". A alteração de rochas encaixantes filoníticas junto aos veios é a carbonato e muscovita.

Gama Jr. & Villegas(1997) descrevem os depósitos de Serrinha, também localizados na região da Serra das Andorinhas. O contexto geológico é similar ao dos outros depósitos da região. As rochas encaixantes são metabásicas metamorfozadas relacionadas aos *greenstone belts* do Supergrupo Andorinhas, Grupo Babaçu. A descrição dos depósitos sugere ouro do tipo mesotermal, incluindo neste caso, além de veios, disseminações aparentemente importantes.

4 Referências

- Carvalho J.M.A. et al. 1994. Características das principais mineralizações auríferas no Pará e Amapá. An. XXXVIII Congr. Bras. Geol., vol. 1, pg. 286-289.
- Cordeiro A.A.C. & Saueressig R. 1980. Serra das Andorinhas: geologia e principais ocorrências de ouro. An. XXXI Congr. Bras. Geol., Bol. 2, p. 344.
- Docegeo. 1988. Revisão litoestratigráfica da Província Mineral de Carajás. Anais XXXV Congr. Bras. Geol., Anexo 'Província Mineral de Carajás - Litoestratigrafia e principais depósitos minerais', p. 9-54.
- Faraco M.T.L., Carvalho J.M.A. Klein E.L. 1996. Carta Metalogenética da Província de Carajás - SE do Pará. Folha Araguaia (SB.22). Escala 1:1.000.000. Nota Explicativa. CPRM, SUREG-BE. 27 p.
- Gama Jr. T., Oliveira A.C.M., Silva A.V. 1995. Controle tectono-estrutural da mineralização aurífera no Depósito do Babaçu – SE do Estado do Pará. At. V Simp. Nac. Est. Tect., Gramado, p. 349-350.
- Gama Jr.T. & Villegas J. 1997. Controle estrutural da mineralização aurífera do depósito da Serrinha – SE do Estado do Pará. At. VI Simp. Nac. Est. Tect., Pirenópolis, p. 375-376.
- Hirata W.K., Rigon J.C., Kadokaru K., Cordeiro A.A.C., Meireles E.M. 1982. Geologia regional da Província Mineral de Carajás. An. I Simp. Geol. Amaz., Belém, v. 1, p. 100-109.
- Huhn S.R.B. 1992. Geologia, controle estrutural e gênese do depósito aurífero Babaçu, região de Rio Maria, sul do Pará. Diss. Mestrado, UnB, 168 p.
- Huhn S.R.B. et al. 1988. O terreno granito-*greenstone* da região de Rio Maria – sul do Pará. An XXXV Congr. Bras. Geol., v. 3, p. 1438-1452.
- Leonardos O.H., Santos M.D., Giuliani G., Araújo L.R. 1991. The Cumaru mesothermal granodiorite-hosted gold mineralization, Amazon craton, Brazil. In Ladeira E.A. (ed.), Brazil Gold '91, A.A. Balkema, Rotterdam, p. 557-562.
- Nascimento J.A.S. & Biagini D.O. 1988. Conhecimento atual da jazida de ouro de Lagoa Seca, sul do Pará. In CVRD / SBG, Província Mineral de Carajás. Litoestratigrafia e principais depósitos minerais. Anexo An. XXXV Congr. Bras. Geol., p. 141-157.
- Oliveira C.G. 1994. Deformação, metamorfismo, e mineralização aurífera no *greenstone belt* Sapucaia, Sudeste do Pará. Contexto geológico e mineralizações. Bol. Resum. Expand. IV Simp. Geol. Amaz., p. 365-367.
- Oliveira C.G. & Leonardos O.H. 1990. Gold mineralization in the Diadema shear belt, northern Brazil. Econ. Geol., v. 85, p. 1034-1043.
- Oliveira J.R., Silva Neto C.S., Costa E.J.S., Jorge João X.S. 1994. Geologia da Folha Serra Pelada. In Oliveira J.R., Silva Neto C.S., Costa E.J.S. (org.) Serra Pelada Folha SB.22-X-C - Estado do Pará. Programa PLGB, CPRM / Serviço Geológico do Brasil, Brasília, Parte II, Cap. 2, p. 32-65.
- Santos M.D. et al. 1994. Sistema de fluídos e modelo genético do depósito aurífero do Cumaru, SE do Estado do Pará. Contexto geológico e mineralizações. Bol. Resum. Expand IV Simp. Geol. Amaz., p. 375-378.

Santos M.D, Leonardos O.H., Foster R.P., Fallick A.E. 1998. The lode-porphyry model as deduced from the Cumaru mesothermal granitoid-hosted gold deposit, southern Pará, Brazil. *Rev. Bras. Geoc.*, v. 28, p. 327-338.

Silva A.R.B. & Cordeiro A.A.C. 1988. Depósitos de ouro da Serra das Andorinhas, Rio Maria, Pará. In Schobbenhaus C. & Coelho C.E.S. (Coords.), *Principais depósitos minerais do Brasil, Volume III. Metais básicos não-ferrosos, ouro e alumínio*. DNPM, Brasília, p. 559-567.

Souza Z.S. et al. 1988. Feições geológicas e estruturais do "Greenstone Belt" de Identidade, região de Xinguara-Rio Maria, sul do Pará. *An. XXXV Congr. Bras. Geol.*, v. 3, p. 1453-1467.

DEPÓSITOS DE OURO PRIMÁRIO (na cobertura sedimentar tardi-arqueana)

Este grupo inclui dois depósitos importantes, Serra Pelada (ou Serra Leste) e Águas Claras, ambos hospedados em metassedimentos da cobertura de plataforma tardi-arqueana denominada Grupo Rio Fresco ou Águas Claras. Serra Pelada foi um garimpo importante, tendo produzido em sua porção (sub)afiorante cerca de 40 t Au e pepitas com até várias dezenas de quilogramas. Em associação com o ouro ocorrem metais do grupo da platina, paládio em particular. Águas Claras é, comparativamente, um depósito relativamente menor no qual, ao contrário dos tipos *gold-only* como os de Serra das Andorinhas e Serra Pelada, o ouro é um co-produto associado ao cobre.

Deve-se também acrescentar que uma parte importante da informação sobre Serra Pelada encontra-se em relatórios internos e de consultoria confidenciais das companhias de exploração que atuam na área. A utilização desta informação é indireta, através de citações em artigos publicados.

1 Serra Pelada

O depósito foi originalmente descrito por Meireles e colaboradores (1982, 1988). A sequência hospedeira do depósito é predominantemente clástica, com carbonatos subordinados, e a maior concentração de ouro ocorre em zona de charneira de um sinforme (mapeado em profundidade por sondagens), e em associação com metassiltitos carbonosos e manganíferos e brechas *strata-bound* com matriz arenítica com impregnação manganífera e/ou ferruginosa. O metamorfismo é referido como incipiente ou de baixo grau, conforme indicado pela ocorrência de quartzo recristalizado, de forma alongada, e de filossilicatos como sericita e clorita. Controles gerais que teriam concorrido para concentração do ouro seriam metamorfismo, estrutura, *trap* químico por carbono e manganês, e intemperismo.

Costa & Lab (1991) consideram que o sinforme acima referido constitui na verdade um conjunto de zonas de cisalhamento que convergem em profundidade e que o controle da mineralização dá-se por zonas de cisalhamento associadas a sistema transcorrente regional. Freitas Silva (1998) indica que o controle estrutural seria exercido por zonas transtensivas associadas a este sistema transcorrente regional, representadas localmente por brechas, cataclasitos, protomilonitos e dobras de cisalhamento, com alteração hidrotermal concomitante.

Moroni et al. (2000) indicam como hospedeiras preferenciais zonas hidrotermalizadas que ocorrem como níveis laminados ricos em carbono e minerais argilosos dentro de siltitos e arenitos. O corpo de minério seria relacionado a zona de cisalhamento de alto ângulo. Os autores citam que o minério primário teria se formado em condições hidrotermais-epitermais de baixa temperatura e que os *greenstones* e as rochas máfico-ultramáficas do embasamento podem potencialmente ter contribuído para o enriquecimento sin-sedimentar (*sic*) em metais preciosos. Reconcentração de ouro em unidades ricas em hidróxidos de ferro ou em carbono, entretanto, teria acontecido em condições supergênicas.

Contribuição de influência significativa na interpretação de Serra Pelada parece ter sido a de Sillitoe (1998), da qual se tem informação através de Groves (1999) e Tallarico et al. (2000b). O autor identificou em Serra Pelada rochas dolomíticas decarbonatizadas ou decalcificadas sob os siltitos carbonosos alterados minerali-

zados e uma zona de alteração à base de jasperóide* entre a sequência de siltitos e as rochas dolomíticas. O minério de alto teor estaria localizado especificamente em material carbonoso na zona de charneira acima referida, enquanto que minério de mais baixo teor ocorreria no jasperóide* e em brechas e *jigsaws* hidrotermais. Uma conexão com fonte magmática em profundidade através de estruturas apropriadas é evidentemente postulada. Groves (1999) usa esta possível conexão como argumento, entre outros, para até mesmo sugerir para Serra Pelada uma fonte comum com os depósitos de Cu-Au da província. A feição mais importante nesta conexão seria a ocorrência abaixo da aba inferior do sinclinal de Serra Pelada de "skarns" à magnetita-calcopirita-bornita similares aos encontrados nos depósitos a Cu-Au da província (Cf. item específico sobre estes depósitos adiante).

Finalmente, Tallarico et al. (2000a,b) seguem a mesma linha acima, colocando que a mineralização ocorre em zona de charneira de sinclinal recumbente, ao longo do contato entre (meta)siltito carbonoso e mármore dolomítico, e associada a um envelope de material jasperóide. Com base na natureza predominantemente rúptil da deformação (eg. brechas hematíticas), na semelhança dos mármore com skarns à actinolita-magnetita, e na (possível?) ocorrência de dioritos alterados subjacentes à zona mineralizada, os autores sugerem uma origem epicrustal, *intrusion-related* para a mineralização. Também é considerado que a alteração supergênica foi decisiva para a geração de concentrações econômicas de ouro e platinóides.

A partir dos tópicos acima abordados, fica evidente que não existe consenso quanto à natureza ou tipologia da mineralização primária de Serra Pelada. O modelo originalmente sugerido para Serra Pelada foi o de equivalente do tipo Witwatersrand hospedado rochas clásticas finas (Santos 1981, p. 159). O modelo, embora compatível com a situação geológica do depósito, tem um ponto problemático: conglomerados são relativamente abundantes na área (ver, por exemplo, mapa em Tallarico et al. 2000b) mas – ao contrário da expectativa para um modelo de ouro clástico – aparentemente são desprovidos de ouro. Já os dados de Meirelles et al. (1982a,b; 1988), tais como o ambiente (meta)-sedimentar e a referência a níveis hidrotermalizados carbonosos e a charneira de dobras mineralizadas, são sugestivos de mineralização mesotermal tipo *slate belt*. Esta parece constituir em princípio a melhor opção para o enquadramento geológico da mineralização.

Mas existe por outro lado a indicação de condições epitermais / epicrustais e de associação da mineralização também com mármore dolomíticos e possíveis skarns, além de jasperóides e possíveis intrusões dioríticas rasas subjacentes. Isto suscitaria, segundo a ótica de alguns autores (Tallarico et al. 2000a,b), comparação - em termos de modelo deposicional - com "outras mineralizações hospedadas em sedimentos, eg. Berger & Bagby (1991)". Esta citação refere-se especificamente a depósitos tipo Carlin. Um possível problema deste enfoque é que os dioritos podem representar diferenciações de gabros toleíticos que comumente cortam a Formação Rio Fresco, enquanto que as intrusões encontradas normalmente em conexão com depósitos *intrusion-related* são da série calci-alcalina (eg. Sillitoe 1991).

*Rocha silicosa densa, usualmente cinza, similar a um chert, na qual calcedônia ou quartzo criptocristalino substitui minerais carbonáticos de calcários e dolomitos; um calcáreo silicificado. Ocorre tipicamente como ganga de depósitos de sulfetos de Pb-Zn, com os de Missouri, Oklahoma e Kansas. Além disso, é comumente associado com ouro epitermal (Jackson 1997, p. 342). Nestes últimos, é desenvolvido em *intrusion-related carbonate-replacement deposits* (Sillitoe 1991) e, particularmente, em depósitos tipo Carlin, constituindo-se em significativo guia de prospecção (eg. Berger & Bagby 1991, p. 243).

Por último, existe a sugestão de conexão com os depósitos de Cu-Au da província. Segundo esta linha (Groves 1999), Serra Pelada seria também *intrusion-related*, tendo com os depósitos de Cu-Au o denominador comum representado por uma fonte intrusiva, possivelmente granitos anorogênicos mesoproterozóicos. De fato, a hipótese de uma conexão magmática dos depósitos de Cu-Au da província com este tipo de granito tem sido utilizada para depósitos hospedados tanto na cobertura de plataforma tardi-arqueana (eg. Silva et al., 1996, 1998; ver próximo item) como nas seqüências vulcano-sedimentares do Supergrupo Itacaiúnas (eg. Lindenmayer 1998; Groves 1999; Cf. item específico adiante).

2 Águas Claras

O depósito de Águas Claras (Soares 1994; Silva et al. 1996, 1998) é constituído por veios e venulações de quartzo contendo sulfetos (pirita, calcopirita, arsenopirita) e ouro, hospedados em zona de cisalhamento nùptil subvertical que corta camadas de (meta)-arenito e sills de (meta)-gabro, ambos alterados predominantemente a clorita. Os veios mostram texturas em pente, em pluma e brechadas, indicativas de posicionamento epizonal. O ouro está associado comumente a calcopirita e arsenopirita. A zona mais superficial do depósito é relativamente enriquecida em ouro devido a concentração supergênica. As reservas são de cerca de 23 t Au @ 2.43 g/t. Zircões de metagabro deste prospecto forneceram idade tardi-arqueana (Dias et al. 1996; Mougeot et al. 1996), implicando numa idade arqueana também para os arenitos encaixantes. Granitos anorogênicos (1.8 Ga) são considerados como provável fonte da mineralização.

3 Referências

- Berger B.R. & Bagby W.C. 1991. The geology and origin of Carlin-type gold deposits. In Foster R.P. (ed.) Gold metallogeny and exploration. Blackie, Glasgow, p. 210-248.
- Costa J.B.S. & Lab K.O. 1991. Garimpo de Serra Pelada: um exemplo didático de mineralização em zona de cisalhamento. An. III Simp. Geol. Amaz., p. 602.
- Dias G.S. et al. 1996. Datação de zircões de sill de metagabro: Comprovação de idade arqueana da Formação Águas Claras, Carajás, Pará. Bol. Resum. Expand. \ V Simp. Geol. Amaz., p. 376-379.
- Freitas Silva F.H. 1998. Controle estrutural da mineralização aurífera de Serra Pelada, Curionópolis – PA. An. XL Congr. Bras. Geol., p.131.
- Groves D.I. 1999. Report on consultancy in the Carajás region. Orebusters Pty Ltd., 36 p.
- Jackson J.A. (ed.). 1997. Glossary of geology. 4th ed. Amer. Geol. Inst., 769 p.
- Jorge João X.S., Neves A.P. Leal J.W.L. 1982. Ouro de Serra Pelada – Aspectos da geologia e garimpagem. An. I Simp. Geol. Amaz., v. 2, p. 52-61.
- Lindenmayer Z.G. 1998. O depósito de Cu(Au-Mo) do Salobo, Serra dos Carajás, revisitado. Workshop Depósitos Minerais Brasileiro de Metais-Base. UFBA / ADIMB / SBG, Salvador, p. 29-37.
- Meireles E.M. & Teixeira J.T. 1982. Depósito de ouro de Serra Pelada. In Bernardelli A.L. (coord.) et al., Província Mineral de Carajás. Anex. An. I Simp. Geol. Amaz., p. 75-85.
- Meireles E.M. & Silva A.R.B. 1988. Depósito de ouro de Serra Pelada, Marabá, Pará. In Schobbenhaus C. & Coelho C.E.S. (Coords.), Principais depósitos minerais do Brasil, Volume III. Metais básicos não-ferrosos, ouro e alumínio. DNPM, Brasília, p. 547-557.
- Meireles E.M., Teixeira J.T., Lourenço R.S. & Medeiros Fo. C.A. 1982. Geologia, estrutura e mineralização aurífera de Serra Pelada. An. XXXII Congr. Bras. Geol., v. 3, p. 900-911.

Moroni M., Ferrario A., Girardi V.A.V. 2000. Factors in the genesis of the Serra Pelada Au-PGE deposit, Serra dos Carajás, Brazil. XXXI Internat. Geol. Congr., Abstracts.

Mougeot R., Respaut J.P., Briquat L., Ledru P., Milesi J.P., Macambira M.J.B., Huhn S.B. 1996. Geochronological constraints for the age of the Águas Claras Formation (Carajás Province, PA, Brazil). An. XXXIX Congr. Bras. Geol., v. 6, p. 578-581.

Pinheiro R.V.K. & Holdsworth R.E. 1995. Significado tectônico da clivagem transversa (*transecting cleavage*) em dobras na mina de Serra Pelada, Pará. Bol. Museu Paraense Emílio Goeldi, Série Ciências da Terra, v. 7, p. 289-308.

Santos B.A. 1981. Amazônia. Potencial mineral e perspectivas de desenvolvimento. Editora da Universidade de São Paulo, 256 p.

Sillitoe R.H. 1991. Intrusion-related gold deposits. In Foster R.P. (ed.) Gold metallogeny and exploration. Blackie, Glasgow, p. 165-209.

Silva C.M.G. & Villas R.N.N. 1996. Alteração hidrotermal em arenitos e sill gabróticos arqueanos associada à mineralização sulfetada do Prospecto Águas Claras, Serra dos Carajás (PA). An. XXXIX Congr. Bras. Geol., v.3, p. 227-229.

Silva C.M.G. & Villas R.N. 1998. The Águas Claras Cu-sulfide ± Au deposit, Carajás region, Pará, Brazil: Geological setting, wall-rock alteration and mineralizing fluid. Rev. Bras. Geosc., v. 28, p. 315-326.

Soares A.D.V., Santos A.B., Vieira A., Bella V.M., Martins L.P.B. 1994. Área Águas Claras: Contexto geológico e mineralizações. IV Simp. Geol. Amaz., Bol. Resumos Expandidos, p. 379-382.

Suszscynsky E. 1992. Geologia e metalogenia da jazida aurífera de Serra Pelada / PA. An. XXXVII Congr. Bras. Geol., v. 1, p. 239.

Tallarico F.H.B., Coimbra C.R., Costa C.H.C., Oliveira C.G. 2000a. Genesis of the Serra Leste Au-(Pd-Pt) deposit, Carajás Province, Brazil. XXXI Internat. Geol. Congr., Abstracts.

Tallarico F.H.B., Coimbra C.R., Costa C.H.C. 2000b. The Serra Leste sediment hosted Au-(Pd-Pt) mineralization, Carajás Province. Rev. Bras. Geoc., v. 30, p. 226-229.

4 Referências Adicionais

Costa N.C. & Costa M.L. 1996. Geoquímica de crostas lateríticas, solos e colúvios do depósito aurífero do Águas Claras (Carajás-Brasil). Bol. Resum. Expand. \ V Simp. Geol. Amaz., p. 246-249.

CVRD. 1998. I Workshop sobre a geologia de Serra Leste. Rel. Interno CVRD, 5 p.

Sillitoe R.H. 1998. Geological model and exploration potential, Serra Leste Gold Deposit, Carajás region. Int. Report, 15 p.

DEPÓSITOS DE COBRE-OURO (em ambiente vulcano-sedimentar)

Os depósitos a Cu-Au da Província de Carajás são economicamente importantes, com reservas de mais de 1.8 Bt de minério. Os depósitos ocorrem em cinco "distritos" (eg. Faraco et al. 1996), a saber, Salobo a norte do sinclinal de Carajás, Igarapé Bahia e Pojuca no centro-norte do referido sinclinal, e Sossego – Km 118 e Cristalino, no bordo sul do sinclinal. Nos três primeiros distritos, os depósitos são compostos por sulfetos disseminados e ocorrem no âmbito de sequências vulcano-sedimentares do denominado Supergrupo Itacaiúnas (Docegeo 1988), associados a formações ferríferas(?) fácies óxido-silicatadas e a brechas *strata-bound* com fragmentos de supracrustais, BIFs em particular. Já nos depósitos do bordo sul do sinclinal mineralização em brechas contendo fragmentos de rochas graníticas (eg. Sossego, Km 118) e em *stockworks* cortando dioritos (Cristalino) têm sido descritas.

O estudo dos depósitos tem gerado controvérsia, existindo duas vertentes principais, uma singenética exalativa, predominante sobretudo na década de 80 (eg. Hutchinson 1977, 1979; Ferreira F^o & Danni 1985; Vieira et al. 1988; Lindenmayer 1990; v. também Villas & Santos 2001 e Dreher & Xavier 2001), e uma epigenética *intrusion-related*, que tomou ímpeto a partir de meados da década de 90 (eg. Winter 1994, Huhn & Nascimento 1997; Groves 1999; Souza & Vieira 2000; Groves & Vielreicher 2001). Uma variante da hipótese singenética considera parte dos metais (U-Au-Mo-ETR) adicionada ou enriquecida por epigênese (eg. Lindenmayer et al. 1990; Réquia et al. 1995; Villas 1998; Mellito & Tassinari 1998; Tallarico et al. 2000b).

Deve-se também acrescentar que uma parte importante da informação sobre estes depósitos encontra-se na forma de relatórios internos e de consultoria guardados – compreensivelmente - como material confidencial nos arquivos das companhias de exploração que atuam na província. A utilização desta informação, quando feita, é na maioria dos casos indireta, através de citações em artigos publicados.

1 Salobo – 3A

Salobo é o depósito a Cu-Au de maior porte da província, encerrando cerca de metade das reservas conhecidas. Textos sobre sua geologia incluem os de Mayer & Farias (1980), Farias & Saueressig (1982), Amaral et al. (1988), Vieira et al. (1988), Lindenmayer et al. (1988, 1990, 1998, 1999) e Souza & Vieira (2000).

O depósito ocorre em pacote subverticalizado de gnaisses, na maioria paraderivados, xistos e BIFs, agrupados no Grupo Igarapé Salobo. Rochas vulcânicas básicas a intermediárias são subordinadas. Estatigrafia mais detalhada é apresentada em Docegeo (1988). Granitóides incluem um tipo foliado mesozonal, de ca. 2.6 Ga (*Cf. Old Salobo Granite*) e um granito anorogênico epizonal, de ca. 1.9 Ga, que ocorre na forma de um dique com cerca de 50 m de espessura (ver, p. ex., Lindenmayer 1998).

Segundo Amaral et al. (1988) e Vieira et al. (1988), a mineralização está localizada principalmente em BIFs fáceis óxido-silicático, constituidos por magnetita e silicatos com ferro (grunerita-cummingtonita, fayalita, almandina, Fe-biotita), existindo uma correlação estreita entre conteúdo de magnetita e de sulfetos. Assim, são discriminados xistos magnéticos, onde predominam BIFs, mostrando teor médio >0,8% Cu e incluindo minério tipo 1 com >50% magnetita e >1,5% Cu; xistos não diferenciados, contendo BIFs mas com teor médio <0,8% Cu; e xistos estéreis, praticamente desprovidos de BIFs. Os corpos de minério são lenticulares e sofreram deformação

dúctil, tendo sua geometria controlada por lineação de estiramento de mergulho alto (72°). As paragêneses das rochas encaixantes indicam que pelo menos um evento metamórfico atingiu fácies anfíbolito, localmente granulito (eg. associação fayalita-hiperstênio). Este quadro sugere que o minério teria idade relativa pré-deformação e metamorfismo de condições meso- a catazonais, situação que reforçaria natureza estrato-controlada e provavelmente singenética para o depósito, conforme colocado particularmente por Vieira et al. (1988).

Lindenmayer (1990, 1998) descreve dois tipos de formação ferrífera no depósito, a saber, silicatada (FFS), com $Al_2O_3 < 3\%$ e formada por magnetita, fayalita e grunerita, e aluminosa (FFA), com Al_2O_3 entre 3 e 14%, contendo, além dos minerais acima citados, almandina e Fe-biotita. O minério é basicamente formado por bornita e calcocita, com calcopirita subordinada. Os sulfetos são disseminados a ocasionalmente maciços e ocorrem sempre associadas a lentes de magnetita. Outros minerais presentes são molibdenita, uraninita, ouro, ilmenita, grafita, saflorita, cobaltita, pentlandita cobaltífera, covelita, digenita, hematita e cobre nativo. Sulfetos de ferro não são citados. O minério foi considerado por Lindenmayer (1990) como remobilização hidrotermal de formações ferríferas. Assim, segundo Lindenmayer (1998), "devido a transformações hidrotermais e texturais, formações ferríferas bandadas tais como descritas na literatura não são observadas; o que existe na área são rochas foliadas, contendo FeO 15% (*sic*), compostas por silicatos de Fe e Al, comumente descritas como provenientes de metamorfismo de formações ferríferas fácies silicato, portadoras de lentes de magnetita irregularmente distribuídas; os raros exemplos de formações ferríferas bandadas mostram bandamento tectônico, milonítico, em vez de sedimentar". Magnetita constitui cerca de 85% da assembléia óxido-sulfeto, ocorrendo em bandas finas e descontínuas, ou lentes maciças irregulares, suavemente dobradas; são também comuns lentes de magnetita-bornita-calcocita com textura de fluxo plástico, milonitizada ou brechada (Lindenmayer 1998, p. 32-33). Réquia & Fontboté (2000b) utilizam o termo *iron-rich rocks* para as rochas mineralizadas de Salobo, dada as diferenças geoquímicas que elas apresentam em relação aos BIFs considerados tipicamente sedimentares na área.

Ainda segundo Lindenmayer (1998), o granito anorogênico causou metamorfismo de fácies piroxênio-hornfels e em seguida uma alteração potássica generalizada, representada pela biotita e minerais de ferro e mais aparente em metagrauvcas e FFA e menos em anfíbolitos – e, finalmente, sericitização e propilitização localizadas, ao longo de vênulas, e em temperaturas relativamente mais baixas. A alteração potássica formaria a assembléia predominante no depósito, sendo constituída por grunerita, almandina, magnetita, bornita-calcocita e Fe-biotita, além de fayalita, calcopirita e hastingsita. Ela ter-se-ia formado em condições epizonais correspondentes àquelas do granito (na verdade um quartzo-sienito pórfiro) anorogênico. Réquia & Fontboté (2000a,b) também reconhecem um importante metassomatismo potássico associado à mineralização do Salobo e expresso por concentração de K-feldspato e biotita em anfíbolitos espacialmente associados com as lentes mineralizadas do depósito.

A linha de interpretação singenética, exalativa, para Salobo foi inaugurada por Hutchinson (1979; in Lindenmayer 1998), que considerou o depósito como tipo Kieslager (*Cf.* Besshi). Previamente, este mesmo autor (Hutchinson 1977) já havia considerado outras ocorrências da região, eg. MM1 (Pojuca) como claramente vulcanogênicas. Esta linha perdurou durante a década de 80, sendo adotada pelos vários autores acima citados. Lindenmayer (eg. 1990; in Huhn & Nascimento 1997), por sua vez, colocou que a mineralização poderia ter ocorrido em dois estágios, um singenético com sulfetos de cobre hospedados em formação ferrífera, e outro epigenético, ligado ao granito proterozóico, e responsável pela associação Au-Mo-

U-F, com calcopirita subordinada. Uma variante desta colocação é apresentado por Réquia et al. (1995; in Lindenmayer 1998), que consideram o *Old Salobo Granite* como responsável pela fração epigenética da mineralização. Na verdade, existe aparentemente suporte geocronológico para mineralização em diferentes estágios – sendo o mais antigo tardi-arqueano e o mais novo representado por remobilização no proterozóico médio (Cf. Mougeot et al. 1996; Mellito & Tassinari 1998; ver também Réquia & Fontboté 2000b).

Outro quadro, entretanto, é proposto por Huhn & Nascimento (1997). De acordo com estes autores, os depósitos a Cu-Au da província como um todo teriam uma origem magmático-hidrotermal (Cf. inclusões fluídas de alta salinidade) e seriam representantes do grupo Fe óxido-(Cu-Au-U-ETR) de Hitzman et al. (1992, 2000). Esta hipótese é retomada mais adiante, particularmente no item referente ao depósito de Ig. Bahia. Os autores, entretanto, não especificam a fonte magmática específica para o modelo em questão. Seguem também esta classificação para Salobo Souza & Vieira (2000), Lindenmayer & Teixeira (1999; vide próximo parágrafo) e Réquia & Fontboté (2000a,b). Este últimos autores consideram fundamentais para esta opção de classificação a associação metálica, a alteração potássica e indícios texturais de mineralização pós-metamórfica (eg. magnetita cortando granadas rotacionadas), além de inclusões fluídas com alta salinidade (eg. em apatita) e $\Delta^{34}\text{S}$ em sulfetos em torno de zero, sugestivos de conexão magmática para os fluidos envolvidos na mineralização.

Finalmente, Lindenmayer (1998) considera - com base, entre outras, nas alterações hidrotermais potássica (eg. biotita) e propilítica já referidas, no tamanho do depósito, e na natureza altamente salina dos fluidos envolvidos – que Salobo teria “evoluído a partir de um modelo tipo cobre-pórfiro, instalado no Proterozóico Médio, após a colocação de granito anorogênico” (p. 36). O dique que representa este magmatismo no nível estrutural do depósito mostra-se também potassificado e propilitizado e seria uma apófise de intrusão maior em profundidade, de tamanho compatível com o sistema hidrotermal responsável por depósito do porte de Salobo. A autora considera ainda à mesma página que este granito é melhor candidato (que o *Old Salobo granite*) para fonte de calor e possível fonte dos metais (ou de parte dos metais) do sistema hidrotermal responsável pela formação do depósito de Cu (Mo-Au-Ag) do Salobo. Mais recentemente, Lindenmayer & Teixeira (1999) consideram que Salobo compartilha diversas feições metalogenéticas com depósitos tipo Olympic Dam, eg. conteúdo metálico, composição do minério e ambiente tectônico. A maior diferença seria basicamente relacionada à distinta profundidade de formação do minério, gerado em Salobo em condições dúcteis, de maior profundidade e menos oxidantes que os depósitos do tipo Olympic Dam.

2 Pojuca - Corpo 4 (ex-MM1)

Corpo Quatro foi descrito por Beisiegel & Farias (1978), Farias et al (1984), Medeiros Neto & Villas (1985), Saueressig (1988) e Winter (1994). O depósito é relativamente pequeno dentro do contexto da província (58 Mt @ 0.9% Cu e 8.6 Mt @1% Zn) mas tem importância metalogenética por conter, dentre os depósitos de Cu-Au da região, os indícios mais consistentes de origem exalativa. Hutchinson (1977; e 1979 in Huhn & Nascimento 1997), por exemplo, considerou-o como indubitavelmente vulcanogênico e classificou-o como do tipo Chipre. Entretanto, o trabalho de Winter (1994) sugere uma origem epigenética para Pojuca, e explícita – aparentemente pela primeira vez na literatura - uma possível conexão de depósitos a Cu-Au da província de Carajás com a classe Óxido Fe (Cu-Au-U-ETR).

A unidade hospedeira de Pojuca é a Formação Corpo Quatro do Grupo Igarapé Pojuca (Docegeo 1988), constituída por "rochas bandadas" e "xistos com fragmentos", que são cortados por dique básicos, além de granitos do tipo anorogênico com idade de ca. 1.8 Ga. As rochas bandadas são metassedimentos químicos com mineralogia similar à dos BIFs de Salobo e contêm mineralização (pirrotita, calcopirita; esfalerita acompanhada de gahnita) disseminada e em raros níveis maciços. BIFs fácies óxido, metacherts e metapelitos também são referidos. Estruturas primárias tipo *slump* estão ainda preservadas mas não existe referência a mineralização por elas deformada. Medeiros Neto & Villas (1985) referem também brechas intraformacionais. Saueressig (1988) considera as rochas bandadas hospedeiras de Corpo 4 metassedimentos clástico-químicos.

Os xistos com fragmentos mostram como principal feição aglomerados de quartzo milimétricos a centimétricos, normalmente de contornos angulares, acompanhando ou cortando a foliação metamórfica. Fragmentos de metachert também são reconhecidos (eg. Medeiros & Villas 1985). A matriz pode ser à base de homblenda com biotita associada, ou composta por anfibólio (cummingtonita-grunerita, tremolita-actinolita, hastingsita), quartzo, plagioclásio e/ou cordierita. Tais xistos em geral mostram disseminações de pirrotita, calcopirita e, ocasionalmente, esfalerita que podem atingir concentração a nível de minério.

Outros litotipos do Grupo Igarapé Pojuca incluem rochas metavulcânicas básicas e intermediárias, comumente alteradas a cordierita-antofilita e a albitito, além de BIFs óxido-silicato, paragneisses, ortoanfibolitos e homblenditos. Segundo Saueressig (1988), a alteração a cordierita-antofilita é generalizada e envelopa a mineralização de Corpo 4.

De acordo com Medeiros Neto (1984; in Docegeo 1988) e Medeiros Neto & Villas (1985), as rochas com fragmentos formaram-se, por retrabalhamento mecânico, às expensas de material das rochas bandadas. Segundo Winter (1994), as rochas bandadas são BIFs e as rochas com fragmentos foram formadas por mistura de sedimentos clásticos derivados de BIF e basalto.

Além do Corpo 4, são também conhecidos outros três corpos na área, nos quais a mineralização cuprífera está associada a biotita-anfibólio xisto e granada-feldspato-andaluzita-muscovita-biotita-quartzo xistos (Docegeo 1988).

Medeiros Neto & Villas (1985) consideraram que o minério principal de Pojuca é do tipo estratiforme maciço e o depósito seria exalativo-vulcanogênico, contendo localmente veios hidrotermais, com propilitização associada, originados por remobilizações através dos granitos intrusivos anorogênicos. Conforme já referido, interpretação dentro desta mesma linha singenética já havia sido apresentada para a área por Hutchinson (1977, 1979) que considerou o depósito como do tipo Chipre. Groves (1999, p. 16) também reconhece que Pojuca constitui um depósito tipo VMS, embora, a rigor, a mineralização seja predominantemente disseminada e não de sulfetos maciços. Segundo este autor, feições características seriam a alteração a antofilita-cordierita, representando o equivalente metamórfico do que era originalmente alteração clorítica; zonação de metais Cu-Zn (não referida nos outros artigos acima citados); e uma unidade de formação ferrífera / chert no topo. A isto pode-se acrescentar a ocorrência de gahnita, comum em depósitos exalativos, e de brechas intraformacionais e estruturas de *slump* sugestivas de atividade tectônica sin-deposicional que normalmente acompanha este tipo de depósito. Os próprios xistos com fragmentos são também sugestivos do mesmo fenômeno pois ter-se-iam formado às expensas das rochas bandadas sotopostas, talvez erodidas no bloco

alçado por falhamento coincidente com o alinhamento estrutural ao longo do qual, segundo Medeiros Neto & Villas (1985), se localiza o depósito.

Interpretação diversa da acima colocada, entretanto, é apresentada por Winter (1994). A autora, com base particularmente em estudos petrográficos, litogeoquímicos e de inclusões fluidas, interpreta C4 como gerado por sulfidização estratocontrolada de magnetita das rochas bandadas, produzindo-se primeiramente pirrotita e subsequentemente sulfetos de cobre e zinco por substituição desta última. O processo teria sido acompanhado por Na-Ca-metassomatismo de Fe-anfibólios das rochas bandadas e albitização de metabasaltos. Um segundo estágio de mineralização ocorre na forma de veios a quartzo-biotita e causa alteração retrógrada de granada e homblenda para biotita nas rochas com fragmentos. Os fluidos envolvidos mostram salinidades e temperaturas de 4-34% NaCl eq. e 280-470°C e 15-41% NaCl eq. e 280-420°C, respectivamente, para o primeiro e o segundo estágios acima referidos.

Aspectos geológicos importantes do modelo são baseados em petrografia de minério, eg. texturas de substituição de magnetita por sulfetos e ausência de deformação no minério. A autora sugere uma conexão da mineralização com fluidos tardi- ou retro-metamórficos ou fluidos magmáticos, neste caso provenientes de intrusão ainda não devidamente discriminada. Além disso, é sugerida uma comparação com os depósitos a Cu-Au de Cloncurry, recentemente desenvolvidos no Eastern Belt do Mount Isa *inlier*, nordeste da Austrália (Williams 1998; Pollard & Williams 1999). Estes depósitos, eg. Starra e Osborne, ocorrem em contexto vulcano-sedimentar protero-zóico médio, hospedados em BIFs fácies óxido, mas a mineralização tem idade mais jovens que aquela das rochas encaixantes, correspondente à de granitóides tardi-tectônicos (Cf. Wyborn 1998 in Williams 1998; Pollard et al. 1998).

Os resultados de Winter (1994) colocam em cheque as hipóteses e conclusões dos pesquisadores anteriores. A controvérsia continua pendente uma vez que aparentemente não existem estudos mais recentes sobre o depósito.

3 Igarapé Bahia e Alemão

Igarapé Bahia é constituído por vários depósitos primários sulfetados de Cu-Au e um depósito supergênico de ouro em gossan, com reservas consideráveis baixo teor (originalmente ca. 110 t Au @ 2g/t Au) mineradas a céu aberto. A descoberta deste último é referida por Mayer et al. (1990) e maiores detalhes podem ser obtidos nos trabalhos de Angélica e colaboradores (1996, 2000).

Os depósitos primários incluem Acampamento Sul, Acampamento Norte e Furo Trinta. O corpo Alemão, descoberto recentemente na extensão ocidental do depósito sob espessa cobertura sedimentar (Barreiras et al. 1999), tem sido tratado como um depósito à parte (eg. Ronzê et al. 2000). A estimativa de recursos somente para Alemão é da ordem de 170 Mt @ 1,5% Cu e 0,8 g/t Au (Cordeiro 1999).

A lista de referências sobre a geologia destes depósitos já é bastante extensa, incluindo – pelo lado acadêmico – os trabalhos de Ferreira F° & Danni (1985), Ferreira F° et al. (1987), Lindenmayer et al. (1998), Sachs et al. (1993,1994), Althoff et al. (1994), Zang & Fyfe (1996), Almada & Villas (1999a,b), Oliveira et al. (1998), Tallarico et al. (1998a,b; 2000a,b), Tazava et al. (1998, 2000), Ribeiro-Althoff (2000), Villas & Santos (2000; 2001) e Dreher & Xavier (2001). Parte destes trabalhos advém de projetos de teses, conforme Ferreira Fo. (1985), Ribeiro (1989), Sachs (1993), Bocalon (1997), Almada (1998) e Tazava

(1999). Os geólogos de exploração que trabalham na área, por sua vez, têm contribuído a partir da segunda metade da década passada sobretudo na forma de *abstracts*, conforme demonstrado em Fonseca et al. (1984), CVRD (1996), Huhn e colaboradores (1996, 1997, 1999, 2000), Barreira et al. (1999), Soares et al. (1999), Cordeiro (1999), Ronzê et al. (2000), além de relatórios de consultoria como os de Hutchinson (1977, 1979) e Groves (1999; ver também Groves & Vielreicher 2001).

O conjunto acima mostra que, entre os depósitos de Cu-Au da região de Carajás, Ig. Bahia tem sido o mais abordado na literatura e, provavelmente em consequência disto, tem sido também aquele que mais tem gerado controvérsia.

Numa primeira instância, o prospecto de Ig. Bahia visava cobre sedimentar, uma vez que a sequência encaixante era considerada cobertura relacionada ao Grupo Rio Fresco (Fonseca et al. 1984; ver também in Ferreira F^o & Danni 1985). Anteriormente, entretanto, Hutchinson (1977; e 1979 in Huhn & Nascimento 1997) já havia sugerido ambiente vulcano-exalativo para o prospecto. Ferreira F^o & Danni (1985) também interpretaram assim o ambiente local, indicando significativa contribuição explosiva ácida, e consideraram a mineralização do tipo *stringer ore*, "formada nas proximidades de corpos de sulfetos maciços, em zonas submetidas a alteração hidrotermal intensa" (p. 39). Foi assim estabelecida uma das duas linhas básicas de interpretação metalogenética para a área, que considera o depósito como de origem exalativa (eg. Almada & Villas 1999a,b; Villas & Santos 2001), e que foi aceita sem maiores restrições até meados da década de 90. Uma outra linha - utilizada particularmente nos artigos e *abstracts* escritos por geólogos de exploração a partir de meados da década passada - considera Ig. Bahia como representante da família de depósitos tipo Cu-Au-U-ETR, dos quais Olympic Dam é o exemplo mais conhecido. O texto a seguir resume a geologia de Ig. Bahia e revisa os principais aspectos das duas vertentes acima referidas.

Os depósitos de Ig. Bahia ocorrem na unidade vulcano-sedimentar homônima, constituída por uma porção basal dominada por metabasaltos toleiíticos, com andesitos e dacitos subordinados, e uma porção superior dominada por metassedimentos na forma de ritmitos, conglomerados, arenitos, grauvacas, pelitos e BIFs fácies óxido, além de intercalações de rochas fragmentais interpretadas como produtos piroclásticos por Ferreira F^o & Danni (1985). Importante horizonte de brechas - contendo os principais corpos de minério do depósito - ocorre ao longo do interface vulcânico / sedimentar da pilha. O pacote exibe metamorfismo de fácies xisto verde e atitude subvertical. Outras unidade da área incluem alguns BIFs colocados dentro do pacote basal; metassedimentos de cobertura do Grupo Rio Fresco (ou Águas Claras); e um enxame de diques de diabásio e diorito mais jovens, mas ainda tardi-arqueanos.

Embora mineralizações maciças sejam conhecidas no Corpo Alemão (Barreira et al. 1999 citam intersecção de 40 m de sulfeto maciço com até 25% Cu), a maior parte do minério ocorre como disseminações de sulfetos nas brechas *strata-bound* acima referidas. Segundo descrição disponível para o caso do corpo Acampamento Sul (Almada e Villas 1999b), estas brechas atingem até 100 m de espessura e seus contatos são gradacionais ao longo de faixas com 5 – 10 m de largura. Algumas brechas exibem orientação de fragmentos e leve foliação. Os fragmentos são (sub)angulosos e compostos por metabasaltos, BIFs fácies óxidos, metachert e, raramente, metarritmitos. A matriz é composta por clorita, siderita, calcopirita, quartzo, magnetita e turmalina, considerados em conjunto produtos de alteração hidrotermal ligados à mineralização. Clorita é a principal alteração, siderita é mais abundante nas brechas mais ricas em sulfetos, e a turmalina é dravítica. A calcopirita, com pirita, bornita e covelita subordinadas, ocorre principalmente disseminada

na matriz e, menos, nos próprios clastos. Nos metassedimentos, os sulfetos ocorrem em finas lentes estratiformes, acompanhando planos de acamamento, ou em nódulos, que são mais abundantes nos tipos mais finos.

Disseminações e veios são observados em todos os tipos litológicos. Uma característica do minério é a abundância de ferro, que ocorre em vários minerais (clorita, anfibólio, siderita, magnetita, sulfetos) e em concentrações de magnetita maciça com até 1 m de espessura. Almada & Villas (1999a,b) consideram as brechas como de origem freática com transporte por *debris flow**, enquanto a matriz seria de origem hidrotermal.

Ainda segundo estes autores, os depósitos de Ig. Bahia seriam vulcanogênicos, do tipo Besshi, e teriam sido gerados por corrente convectiva utilizando água do mar, com contribuição de fluidos carbônicos mantélicos e de fluidos altamente salinos (>23% eqNaCl), talvez de fonte magmática. A classificação dentro do tipo Besshi seria em função do ambiente tectônico tipo rift epicratônico (reconhecido por vários autores como responsável pela implantação das bacias vulcano-sedimentares), dominância de magmatismo básico de natureza vulcânica e quimismo toleítico; e presença de significativas quantidades de rochas terrígenas (Cf. Slack 1993). Além disso, segundo os autores, seriam também comuns no tipo Besshi, mas não a ele restritos, a ocorrência de rochas similares às produzidas por fluxo de detritos (*debris flows*); mineralização dominada por calcopirita e pirita; teores anômalos de Mo, Sn e Co; cloritização como principal tipo de alteração; e carbonatos de origem hidrotermal-exalativa.

Almada e Villas (1999b) reconhecem ainda que as semelhanças seriam fortes indicativos para tipo Besshi mas não provas definitivas. E admitem que não seria surpreendente se uma categoria inteiramente nova viesse a ser definida para o depósito de Ig. Bahia (p. 589).

Dreher & Xavier (2001) preconizam um ambiente marinho profundo para a sequência de Ig. Bahia, conforme evidenciado pela predominância de sedimentos turbidíticos, rochas básicas de derrame e – de acordo com este ambiente e em desacordo com interpretações anteriores - ausência de produtos comprovadamente piroclásticos. Segundo estes autores, as brechas mineralizadas seriam sedimentares, originadas por *debris flow* resultantes de movimentação tectônica associada a falhas de crescimento. Evidências deste tipo de situação geológica também já foram observadas nas áreas de N4E (Hoppe et al. 1987; Meirelles & Dardenne 1993) e Pojuca (Winter 1994) (ver secções correspondentes). A colocação de Dreher & Xavier é muito interessante pois, com a proposição de falhas de crescimento, fica encaixado de forma adequada na geologia de Ig. Bahia um elemento fundamental do modelo sin-deposicional, basicamente exalativo na opinião do presente autor. Dreher & Xavier (2001) consideram - também adequadamente - que fatores como porosidade e permeabilidade das brechas podem ter sido determinantes na localização do minério se a mineralização ocorreu ainda em estágios iniciais de litificação das brechas e que, para considerar-se a mineralização pós-litificação e pós-metamorfismo, seria preciso explicar como as rochas tiveram sua permeabili-

* Aqui Almada & Villas citam que as brechas vêm sendo interpretadas com de origem freato-magmática por SUTEC / CVRD (1996). Estas brechas são reinterpretadas como intraforma-cionais, relacionadas a falhas sin-sedimentares por Dreher & Xavier (2001) (vide texto acima).

dade restaurada e que processos determinaram o confinamento do minério ao horizonte das brechas. Dados de isótopos estáveis (^{13}C) destes autores (Xavier & Dreher 2001) indicam tanto CO_2 *deep-seated*, provavelmente magmático (verificado particularmente em carbonatos de veios do depósito) e de CO_2 produzido a partir de matéria orgânica (verificado particularmente em carbonatos da matriz das brechas mineralizadas).

Por outro lado, conforme já mencionado anteriormente, outros autores advogam uma classificação de Ig. Bahia dentro da "Família Óxido de ferro (Cu-Au-U-ETR)" (Cf. Hitzman et al. 1992, Oreskes & Hitzman 1993; Pollard & Williams 1999; Hitzman 2000), o quê representa já um ponto de vista de natureza francamente epigenética.

Assim, Huhn & Nascimento (1997) consideram Ig. Bahia associado a deformação rúptil, com mineralização frequentemente em zonas de intensa brechação e em *stockworks*; dois estágios de alteração seriam bem caracterizados, *viz.* albitização precoce e potassificação tardia, esta na forma de veios a quartzo-biotita. A estrutura seria tipo *pipe* ou caldeira e a mineralização local faria parte de sistema hidrotermal que pode produzir amplo espectro de depósitos, a saber: *strata-bound* em formação ferrífera (tipo Salobo); em estrutura tipo *pipe* ou caldeira (tipo Ig. Bahia); e em *shears* rúpteis (tipo Águas Claras). As mineralizações são consideradas como "relacionadas à classe de depósitos definida pela associação Fe-Cu-Au-U-ETR". Por outro lado, os autores citam Mougeot et al. (1996; que mostram dados geocronológicos de mineralização em vários estágios na província), e admitem um evento arqueano (2.7-2.8 Ga) e um retrabalhamento por atividade magmática entre 2.06-1.88 Ga. O primeiro evento estaria impresso em todas as zonas mineralizadas mencionadas e indicaria que grande parte das zonas ricas foi gerada durante estágios iniciais de formação da Bacia Carajás. Tallarico et al (1998) seguem a mesma linha, indicando grande similaridade de Ig. Bahia com a mineralização de Olympic Dam, Austrália, com base na ocorrência de "diques" de brechas hidrotermais, na alteração associada e no enriquecimento em U, ETR, Cu, F e P, os quais permitiriam colocá-lo como pertencente à classe de depósitos óxido de Fe Cu-U-Au-ETR.

Em artigo mais recente, Tallarico et al. (2000b) detalham mais o argumento de uma gênese epigenética para o depósito. Segundo estes autores, a estruturação sub-circular do depósito seria associada com uma intrusão rasa que teria promovido a mineralização. Os representantes deste magmatismo seriam diques de quartzo-diorito tardi-arqueanos que cortam tanto a sequência vulcano-sedimentar como a cobertura clástica Águas Claras e que teriam sofrido alterações hidrotermais similares às das brechas mineralizadas, fato que sugeriria uma relação genética*. A "conexão magmática" é reforçada por resultados de isótopos estáveis (C,O) que indicariam forte componente magmático nos fluidos portadores de metais. Os autores consideram que a alteração e composição de fluidos de Ig. Bahia são análogos aos outros depósitos tipo Fe-óxidos-(Cu-Au-U-ETR) *intrusion-related* (Cf. Hitzman et al. 1992). Por outro lado, a natureza *strata-bound* da mineralização sugere a possibilidade de uma "pré-concentração por processos primários, parecendo plausível uma gênese multi-estágio, envolvendo a superposição, no Arqueano, de processos exalativos e atividade hidrotermal de conexão magmática". A situação seria similar ao que teria ocorrido em Salobo, para o qual Mellito (1998)

* Deve-se registrar, entretanto, que as alterações indicadas pelos autores para os quartzo-dioritos (propilitização, potassificação, albitização local) são diferentes daquelas apresentadas pelas brechas (principalmente clorita, magnetita, siderita).

propõe mineralização singenética arqueana reconcentrada no Arqueano tardio por atividade tectônica e magmática.

Oliveira et al. (1998) referem dados de isótopos estáveis (C e O) que indicariam mistura de fluidos magmáticos e meteóricos, análogo ao sugerido para Olympic Dam. Tazava e Oliveira (2000) referem dados de isótopos estáveis e inclusões fluidas que corroboram seus resultados anteriores, indicando deposição do minério por mistura de fluido magmático com fluido meteórico. O *timing* da mineralização, entretanto, ainda não estaria claro, sendo possível, segundo estes autores, que Ig. Bahia constitua exemplo arqueano da classe de depósitos Óxido de Fe (Cu-Au-U-ETR).

No caso específico do Corpo Alemão, Soares et al. (1999) reconhecem dois tipos de brechas mineralizadas, magnetíticas sulfetadas (BMS) e cloríticas sulfetadas (BCLS), além de várias alterações importantes como ferrificação (magnetita, grunerita, siderita, greenalita, Fe-pirosmalita, Fe-clorita), sulfetação, cloritização, carbonatização e biotitização. Ronzê et al. (2000) detalham mais os tipos de minério encontrados no depósito, reconhecendo mineralização na forma de brechas hidrotermais e hidrotermalitos de dois tipos. O tipo BMS é composto por bandas maciças de magnetita e calcopirita e brechas polimícticas com fragmentos de vulcânicas tufo e BIF em matriz de magnetita, calcopirita, siderita, clorita, biotita e anfibólio. O tipo BCLS compreende brechas com fragmentos de rochas vulcânicas hidrotermalizadas com calcopirita, bomita, pirita, clorita siderita, ankerita, turmalina e molibdenita na matriz e como disseminações na rocha. O estilo de mineralização tipo brecha é dominante, com zonas maciças subordinadas.

Segundo os autores citados, Alemão pode ser enquadrado na classe de depósitos proposta por Hitzman et al. (1992) com base na associação geoquímica (Fe-Cu-Au-U-ETR) relacionada a brechas hidrotermais heterolíticas ricas em óxido de ferro. A proposta citada, evidentemente, refere-se a depósitos proterozóicos a óxido de ferro - (Cu-Au-REE), eg. Olympic Dam*. Barreira et al. (1999) referem que em Alemão ocorre mineralização em interface dos domínios metassedimentar e metavulcânico do Grupo Ig. Bahia, incluindo intersecção de sulfeto maciço de 40 m com até 25% Cu. O modelo geológico e prospectivo, aos quais os autores "associam os contextos geológico e geofísico da área de Ig. Bahia" é o de Olympic Dam*. Os autores sugerem também possível conexão da mineralização com anomalia magnética próximo à mina de ouro que poderia representar "granitóide tipo I, da série à magnetita, a qual apresenta classicamente uma correlação estreita com mineralizações a ouro e cobre".

4 Sossego – Km 118 - Cristalino

Estes depósitos estão localizados junto ao limite sudeste da estrutura em sinclinal de Carajás, onde junto com outras ocorrências definem, segundo Rigon et al. (2000), uma faixa cuprífera com aproximadamente 100 km de extensão.

Huhn & Nascimento (1997) descreveram brevemente o garimpo do Sossego, desenvolvido sobre material oxidado. Segundo estes autores, Sossego localiza-se sobre zonas de deslocamento tectônico entre sequência vulcânica bi-modal e o embasamento gnáissico. Mais especificamente, o garimpo está situado em estrutura

* Notar que o depósito de Olympic Dam, na Austrália do Sul, especificamente, está localizado em terrenos de idade mesoproterozóica de ca. 1.5 Ga; o ambiente tectono-geológico é distensivo, anorogênico.

subcircular, de topografia positiva, com diâmetro de cerca de 1 km, em área de intersecção de zonas de falhas N20°E e E-W. A mineralização é constituída por *stock-work* de quartzo com carbonatos e sulfetos oxidados, e hospedada em rocha vulcânica máfica muito intemperizada em contato com rocha félsica (granito). O forte intemperismo é também indicado por oxidados de cobre abundantes que conferem cor esverdeada a porção significativa do material rochoso exposto no garimpo. As venulações contêm malaquita, além de goethita, hematita, Ti-magnetita e minerais de terra raras como monazita e brookita.

O conjunto indica assembléia primária com calcopirita, magnetita e minerais com terras raras e sugere relação com depósitos da classe Fe-Cu-Au-U-ETR. Segundo os autores, fariam parte da mesma classe Ig. Bahia (em estruturas tipo *pipe* ou caldeira), Salobo (*strata-bound* em formações ferríferas), e Águas Claras (em zona de cisalhamento rúptil).

Lancaster Oliveira et al. (2000), contando já com resultados de sondagem, colocam que o depósito de Sossego contém reservas (*resources*) de 355 Mt @ 1.1% Cu e 0.28 g/t Au e ocorre próximo ao contato entre rochas vulcânicas do Grupo Grão Pará a norte e gnaisses do embasamento a sul. Citam também os resultados dos primeiros furos de sondagem que interceptaram veios com alto teor de cobre em granófiros sob o morro do Sossego e mineralização *breccia-hosted* de calcopirita sob brechas a magnetita-actinolita com óxidos de cobre mapeadas em superfície no prospecto Sequeirinho, adjacente a Sossego. Não há indicação, para nenhum dos dois casos, quanto a incidência ou não de metamorfismo e deformação.

Groves (1999, p. 25) refere Sossego como localizado próximo a *shear zone* regional, hospedado em granito, particularmente em fase granofírica, controlado por *plug* granítico formando estrutura circular dentro de *greenstones*, com associação metálica Fe-Cu-Au-REE-U-F-P, mineralogia de minério a magnetita-calcopirita-bornita-fluorapatita e de alteração a calcita-actinolita-biotita-sericita-clorita. Texturas brechadas de origem hidrotermal e tipo *jigsaw* são abundantes. Sequeirinho ocorre em contexto geológico similar, e tem várias feições em comum com Sossego. O minério também inclui brechas, e as rochas hospedeiras são granitos e gabros. Foliação superimposta ao minério é especificamente referida neste caso. A localização do depósito seria controlada por intersecção de estruturas de três diferentes direções, conforme já colocado por Huhn & Nascimento (1997).

Segundo A.M. Dreher (com. pessoal), Sossego contém brecha hospedada em granófiro foliado, na qual predominam fragmentos do mesmo. Na matriz – que não é foliada - ocorrem carbonato, calcocita, calcopirita, clorita, apatita e magnetita. Em Sequeirinho, a encaixante é um diorito foliado, com faixas ricas em actinolita ao longo da foliação. As brechas mineralizadas mostram clastos de diorito e granito em matriz de calcopirita, magnetita, actinolita e apatita. Dreher também refere o Alvo Pista, no qual a rocha encaixante é um metandesito foliado, contendo escapolita e biotita como fases de alteração. Biotita-xistos ocorrem em posição considerada como *footwall* da mineralização

Em Haynes (2000; de CVRD, inédito) Sossego-Sequeirinho são também referidos como contendo as reservas acima mencionadas. A pilha hospedeira é descrita como formada por gnaisses de embasamento, anfíbolitos e feldspato-granofels derivados de basaltos, meta-vulcânicas félsicas, quartzito, "formação ferrífera", sedimentos clásticos feldspáticos, de diques e sills máficos. A pilha é aquela descrita para o *belt* metavulcânico de Carajás e não necessariamente específico para a área de Sossego. A composição da rocha hospedeira da mineralização é colocada como

incerta, provavelmente "*granite breccia*" em parte, e gnaiss quartzo-feldspático de embasamento (*sic*). Além disso, não haveria descrição disponível para as rochas hospedeiras adjacentes inalteradas.

O mesmo quadro geológico acima é colocado por Haynes (2000) para Cristalino, mas sem referência a brechas graníticas. O depósito mostra intersecções de até 170 m @ 1,32% Cu e 0,3 g/t Au em sondagens preliminares (Cordeiro 1999) e as reservas com este teor seriam da ordem de 500 a 800 Mt (Haynes 2000). Segundo Huhn et al. (1999), Cristalino ocorre em falha subsidiária do lineamento de Carajás, em unidade vulcano-sedimentar (Grupo Grão Pará), localmente constituído por metavulcânicas máficas, intermediárias e félsicas e intercalações de BIF, e metamorfizado em fácies xisto verde a anfibolito baixo. Intrusões (quartzo)-dioríticas são também registradas. A mineralização ocorre em *stockworks*, em fraturas na foliação (*sic*) e disseminada. As rochas encaixantes são metandesitos, riolitos e dacitos, além de dioritos, todos fortemente brechados e alterados na forma de cloritização e carbonatização e enriquecimento em K, Na, apatita e magnetita. Hidrotermalitos a apatita-hornblenda-escapolita-biotita são referidos. Parte da zona mineralizada é recoberta por níveis de BIF dobrados, considerados como "*trap* geoquímico, com os quais os fluidos hidrotermais ricos em ferro entraram em equilíbrio". Isto teria preservado parte do edifício hidrotermal. Segundo os autores, é provável que os corpos dioríticos façam parte de um suite intrusiva alcalina responsável pela mineralização. A tipologia seria a dos depósitos a Fe-Cu-Au-ETR já referida, dos quais Olympic Dam seria o exemplo melhor conhecido. O mesmo ponto de vista é compartilhado por Groves (1999) e Huhn et al. (2000). Estes últimos ressaltam a relação de alteração férrica, potássica e sódica com o minério de Cu-Au. Para Villas & Santos (2001), Cristalino – à semelhança de Sossego – é um depósito epigenético constituído por *stockwork* relacionado a *stock* granítico de idade arqueana.

O alvo Km 118 foi brevemente descrito por Rigon et al. (2000). A geologia consta de granitos e gnaisses isotrópos a foliados a sul, e uma sequência metavulcânica de direção NWW (*sic*) a norte, contendo clorita-xistos, xistos magnéticos, metarriolitos e tufos, intrudida por gabros e granitos. Na porção central da sequência vulcânica ocorre uma zona de tectônica subvertical com brechas hidrotermais que hospeda a mineralização de Cu-Au, a qual está exposta ao longo de uma crista com altura de 250 m e direção N60°W. O perfil de intemperismo se estende até profundidade de 100 m e é formado por saprolito e minerais secundários de cobre, incluindo calcocita e cobre nativo. A mineralização primária é constituída por brechas formada por fragmentos de granito intensamente cloritizado e, subordinadamente, de rochas básicas (gabros, xistos) em matriz de sulfetos (calcopirita, pirita, bornita). Alteração intensa a carbonatos (calcita, siderita) em veios ou disseminações acompanha a zona mineralizada. Estimativas preliminares de reservas são de 100 Mt @ 1% Cu e 0.3 g/t Au de oxidados, e 70 Mt de primário com teores similares. O minério já foi interceptado a profundidade de 300 m.

5 Outros depósitos e alvos

O Alvo Gameleira é referido brevemente por Cordeiro (1999). É localizado 30 km a leste do Corpo Alemão e ter recursos inferidos da ordem de 300 Mt com teor médio de cerca de 1% Cu, com ouro associado, para lavra a céu aberto. O depósito ocorre próximo a zona de cisalhamento regional que constitui o contato entre gnaisses a norte e *greenstones* a sul; a unidade hospedeira é vulcano-sedimentar e contém horizontes de BIF. Dique de gabro de tamanho expressivo ocorre no nível do depósito e, abaixo dele, microgranitos são interceptados por sondagem. A mineralização é constituída por veios extensionais de orientação variável em zona com mais de

1 km de comprimento. A mineralogia do minério é a calcopirita, turmalina, feldspato potássico e fluorita; a associação a Cu-F-B inclui também Sn-W; brechas são raras e a alteração importante é à biotita (Groves 1999).

A ocorrência de Au-Cu de Serra Verde está localizada no Grupo Rio Novo, a unidade vulcano-sedimentar tipo *greenstone belt* que ocorre na região de Serra Leste (vide secção sobre Geologia Regional). Segundo Reis & Villas (1999), a sequência hospedeira da mineralização é constituída de metabásicas e metasedimentos que sofreram hidrotermalismo submarino e metamorfismo termal, em fácies hornblenda-hornfels e piroxênio-hornfels, relacionado ao granito gnáissico Estrela, tardi-arqueano, que ocorre na região. Os autores citam especificamente a ocorrência de clorititos e quartzo-clorita xistos e consideram a mineralização vulcanogênica. O depósito é de pequeno porte, com lavra inicialmente restrita ao ouro e subsequentemente estendida a sulfetos maciços. Villas & Santos (2001) classificam Serra Verde com VMS. Um dos aspectos peculiares desta área é a ocorrência, econômica, de malaquita de qualidade gemológica em veios de quartzo auríferos (Collyer et al. 1991).

Outras ocorrências de Cu-Au de Carajás com informação pendente incluem Formiga (4 km a leste de Serra Pelada), Breves, Cururu e Liberdade. Cururu é brevemente referido por Groves (1999) como prospecto com valores baixos de Cu-Au hospedado em clorita xistos que representam provavelmente rochas vulcânicas. O estilo da mineralização não é referido. Cordeiro (1999) refere que os resultados de 19.000 m de sondagens em Liberdade – a oeste de Carajás – foram inconclusivos.

Finalmente, cabe registrar que Hirata et al. (1982) registram ocorrência de cobre em "granulitos e rochas gabróicas" na área de Pium, localizada em meio ao Complexo Xingu, a sul do sinclinal de Carajás. Tipos petrográficos identificados na área compreendem rochas ultramáficas com talco-actinolita-tremolita (metaperidotitos?), metapiroxenitos, hiperstênio-noritos, metagabros, hiperitos, metagabros anortosíticos (com até 70% de plagioclásio), piroxênio-anfibólio-quartzo-biotita-plagioclásio-xistos, ortopiroxênio-hornblenda-andesina-granulitos e formação ferrífera. As rochas ígneas são interpretadas como componentes de um complexo máfico-ultramáfico estratiforme metamorfizado em fácies granulito, encravado em gnaisses granodioríticos, ao qual pertenceriam as rochas mineralizadas.

6 Referências

6.1 Artigos Gerais

- Cordeiro A.A.C. 1999. Pesquisa mineral: Panorama atual da CVRD na Amazônia. VI Simp. Geol. Amaz., Manaus, p. 80-83.
- CVRD. 1996. Resumo dos aspectos geológicos da Província Mineral de Carajás. Boletim de Resumos Expandidos e Guia de Excursões. V Simp. Geol. Amaz., Belém, p. 392-403.
- Docegeo. 1988. Revisão litoestratigráfica da Província Mineral de Carajás. Anais XXXV Congr. Bras. Geol., Anexo 'Província Mineral de Carajás - Litoestratigrafia e principais depósitos minerais', pg. 9-54.
- Faraco M.T.L., Carvalho J.M.A. Klein E.L. 1996. Carta Metalogenética da Província de Carajás - SE do Pará. Folha Araguaia (SB.22). Escala 1:1.000.000. Nota Explicativa. CPRM, SUREG-BE. 27 p.
- Groves D.I. 1999. Report on consultancy in the Carajás region. Orebusters Pty Ltd., 36 p.
- Groves D.I. & Vielreicher N.M. 2001. The Phalaborwa (Palabora) carbonatite-hosted magnetite-copper sulfide deposit, South Africa: an end-member of the iron-oxide copper-gold-rare earth element deposit group? *Mineral. Deposita*, v. 36, p. 189-194.
- Haynes D.W. 2000. Iron oxide copper (-gold) deposits: Their position in the ore deposit spectrum and modes of origin In Porter T.M. (ed.) *Hydrothermal iron oxide copper-gold & related deposits*. Austral. Mineral Foundation, Glenside SA, p. 71-90.
- Hirata W.K., Rigon J.C., Kadokaru K., Cordeiro A.A.C., Meireles E.M. 1982. Geologia regional da Província Mineral de Carajás. An. I Simp. Geol. Amaz., Belém, v. 1, p. 100-109.
- Hitzman M.W. 2000. Iron oxide-Cu-Au deposits: What, where, when, and why. In Porter T.M. (ed.) *Hydrothermal iron oxide copper-gold & related deposits*. Austral. Mineral Foundation, Glenside SA, p. 9-25.
- Hitzman M.W., Oreskes N., Einaudi M.T. 1992. Geological characteristics and tectonic setting of Proterozoic iron oxide-(Cu-U-Au-REE) deposits. *Precambrian Research*, v. 58, p. 241-287.
- Huhn S.R.B. & Nascimento J.A.S. 1997. São os depósitos cupríferos de Carajás do tipo Cu-Au-U-ETR? In Costa M.L. & Angélica R.S. (coords.), *Contribuições à geologia da Amazônia*. Belém, FINEP / SBG, p. 143-160.
- Hutchinson R.W. 1977. Report on Docegeo exploration projects and possibilities. Rel. int. Docegeo, 112p.
- Leveille R.A. & Marschik R. 2000. Iron oxide copper-gold deposits in South America. XXXI Internat. Geol. Congr., Abstract.
- Lydon J.W. 1995. Sedimentary exhalative sulphides (sedex). In Eckstrand O.R, Sinclair W.D., Thorpe R.I. (eds), *Geology of Canadian Mineral Deposits*. Geological Survey of Canada, Geology of Canada, no. 8, p. 130-152
- Macambira M.J.B. & Lafon J-M. 1999. Geological evolution of the Carajás Metallogenic Province based on geochronological data: A review. *Actas II South American Symp. on Isotope Geology*, p. 481-483.
- Oreskes N. & Hitzman M.W. 1993. A model for the origin of Olympic Dam-type deposits. In Kirkham R.V., Sinclair W.D., Thorpe R.I. & Duke J.M. (eds.) *Mineral deposit modeling*. Geological Association of Canada Special Paper 40, p. 615-633.
- Pollard P.J. & Williams P.J. 1999. Short course on Fe oxide-copper-gold deposits (The Candelaria – Ernest Henry – Olympic Dam Family), James Cook Univ, Econ. Geol. Research Unit, ca. 230 p.
- Santos B.A. 1981. Amazônia. Potencial mineral e perspectivas de desenvolvimento. Editora da Universidade de São Paulo, 256 p.
- Slack J.F. 1993. Descriptive and grade-tonnage models for Bessemer-type massive sulphide deposits. In Kirkham R.V., Sinclair W.D., Thorpe R.I. & Duke J.M. (eds.) *Mineral deposit modeling*. Geological Association of Canada Special Paper 40, p. 343-371.

Villas R.N. & Santos M.D. 2000. The gold deposits of the Carajás Mineral Province, Pará State, Brazil. XXXI Internat. Geol. Congr., Abstracts.

Villas R.N. & Santos M.D. 2001. Gold deposits of the Carajás mineral province: deposit types and metallogenesis. Mineral. Deposita, v. 36, 300-331.

Williams P.J. 1998. An introduction to the metallogeny of the McArthur River – Mount Isa – Cloncurry minerals province. Econ. Geol., v. 93, p. 1120-1131.

6.2 Artigos específicos

Almada M.C.O. & Villas R.N. 1999a. O Depósito Bahia: Exemplo de depósito arqueano vulcanogênico de sulfetos de Cu/Au tipo Besshi em Carajás, Pará. Bol. Res. Exp. VI Simp. Geol. Amaz., p. 98-101.

Almada M.C.O. & Villas R.N. 1999b. O depósito Bahia: um possível exemplo de depósito de sulfeto vulcanogênico do tipo Besshi arqueano em Carajás. Rev. Bras. Geol., v. 29, p. 579-592.

Amaral E.V., Farias N. F., Saueressig R., Viana Jr. A., Andrade V.L.L. 1988. Jazida de cobre Salobo 3A e 4A, Serra dos Carajás, Pará. In: Schobbenhaus C. & Coelho C.E. S. coords. Principais depósitos minerais do Brasil. Volume III. Metais básicos não-ferrosos, ouro e alumínio. DNPM / CVRD, Brasília, p. 43-53.

Angélica R.S., Costa M.L., Lenharo S.L.R., Pöllmann. 1996. Ocorrência de uraninita associada como o ouro do Igarapé Bahia, Carajás, Pará. Bol. Resum. Expand. V. Simp. Geol. Amaz., p. 152-155.

Angélica R.S., Costa M.L., Soares A.D.V., Medeiros Fo. C.A., Munaro P. 2000. Cu-Au geochemical association in the Carajás region: Importance in the development of supergene deposits and criterious for exploration geochemistry in lateritic terrains. XXXI Internat. Geol. Congr., Abstracts.

Barreira C.F., Soares A.D.V., Ronzê P.C. 1999. Descoberta do Depósito Cu-Au Alemão – Província Mineral de Carajás (PA). Bol. Res. Exp. VI Simp. Geol. Amaz., p. 136-139.

Barros C.E.M. & Barbey P. 2000. Significance of garnet-bearing metamorphic rocks in the Archean supracrustal series of the Carajás mining province, northern Brazil. Rev. Bras. Geoc., v. 30, p. 367-370.

Beisegel W.R. & Farias N.F. 1978. Ocorrências de cobre na Serra dos Carajás. An. XXX Congr. Bras. Geol., v. 4, p. 1419-1426.

Collyer T.A., Rodrigues E.G., Machado J.I.L., Serfaty S. 1991. Depósito de malaquita de Serra Verde, município de Curionópolis, Pará. In Schobbenhaus C. et al. (coords.) Principais depósitos minerais do Brasil, vol. IV – Parte A, p. 345-355.

Dreher A.M & Xavier R.P. 2001. Provável origem e processo de mineralização das brechas de Igarapé Bahia, Carajás. Bol. Resum. Expand. VII Simp. Reg. Geol., submentido.

Farias N.F. & Saueressig R. 1982. Pesquisa geológica da Jazida de cobre Salobo 3A. An. I Simp. Geol. Amaz., Belém, v. 2, p. 39-45.

Farias N.F., Santos A.B.S., Biagini D.O., Vieira E.A.P. Martins L.P.B., Saueressig R. 1984. Jazida de Cu e Zn da área Pojuca, Serra dos Carajás - PA. An. XXXIII Congr. Bras. Geol., v. 8, p. 3658-3668.

Ferreira Fo. C.F. & Danni J.C.M. 1985. Petrologia e mineralizações sulfetadas do prospecto Bahia, Carajás. An. II Simp. Geol. Amaz., v. 3, p. 34-47.

Figueiredo B.R., Réquia K.C., Xavier R.P. 1994. Cambios post-deposicionales del yacimiento Salobo, Provincia Mineral de Carajas, norte de Brasil / Post-depositional changes of the Saloboore deposit, Carajás Mineral Province, northern Brazil. Comunicaciones no. 45, p. 23-32.

Fonseca L.R.; Rigon J.C.; Gonzalez R. 1984. Descoberta de cobre na Formação Rio Fresco, Igarapé Bahia, Serra do Carajás – PA. An. II Symposium Amazônico, p. 355-357.

Gama Jr. T. 1998. Mineralizações em *greenstones* da crosta inferior, média e superior – Província Mineral de Carajás. An. XL Congr. Bras. Geol., p. 150.

- Guimarães I.G. 1987. Petrologia da formação ferrífera na área Salobo 3A, Província Mineral de Carajás – PA. Dissert. Mestrado, IGUSP. 99 p.
- Hoppe A., Schobbenhaus C., Walde D.H.G. 1987. Precambrian iron-formation in Brazil. In Appel P.W.U. & LaBerge G.L. (eds.), Precambrian iron-formations. Theophrastus Publ., Athens, p. 347-390.
- Huhn S.R.B. 1996. São os depósitos cupríferos de Carajás do tipo Cu-Au-U-(ETR)? Bol. V Simp. Geol. Amaz., p. 140-143.
- Huhn S.R.B., Soares A.D.V., Souza C.I.J., Albuquerque M.A.C., Leal E.D., Vieira E.A.P., Masotis F.S. & Brustolin V. 2000. The Cristalino copper gold deposit, Serra dos Carajás, Pará. XXXI Internat. Geol. Congr., Abstract.
- Huhn S.R.B., Souza C.I.J., Albuquerque M.C., Leal E.D., Brustolin V. 1999. Descoberta do depósito Cu(Au) Cristalino: Geologia e mineralização associada – Região da Serra do Rabo. Bol. Res. Exp. VI Simp. Geol. Amaz., p. 140-143.
- Lancaster Oliveira J., Fanton J., Almeida A.J., Leveille R.A., Vieira S. 2000. Discovery and geology of the Sossego copper-gold deposit, Carajás District, Pará State, Brazil. XXXI Internat. Geol. Congr., Abstract.
- Lindenmayer Z.G. 1998. O depósito de Cu(Au-Mo) do Salobo, Serra dos Carajás, revisitado. Workshop Depósitos Minerais Brasileiro de Metais-Base. UFBA / ADIMB / SBG, Salvador, p. 29-37.
- Lindenmayer Z.G. & Fyfe W.S. 1990. A origem da formação ferrífera do depósito de cobre do Salobo, Estado do Pará. An. XXXVI Congr. Bras. Geol., Boletim Resumos, p. 109-110.
- Lindenmayer Z.G., Fyfe W.S. & Machado N. 1988. Depósito do Salobo: efeitos do metamorfismo e metassomatismo sobre a mineralização. An. XXXV Congr. Bras. Geol., v. 3, p. 1243-1250 e Resumos e Breves Comum., p. 103.
- Lindenmayer Z.G., Fyfe W.S. & Machado N. 1990. Alteração hidrotermal da formação ferrífera do depósito de cobre do Salobo, Estado do Pará. An. XXXVI CBG, Bol. Resumos, p. 104-105.
- Lindenmayer Z.G. & Laux J.H. 1996. Formações ferríferas do depósito de Cu (Ag-Au-Mo) do Salobo, Carajás. I: Reinterpretação da origem através da geoquímica dos elementos maiores e traços. Bol. Resum. Expand. V Simp. Geol. Amaz., p. 170-172.
- Lindenmayer Z.G., Ronchi L.H., Laux J.H. 1998. Geologia e geoquímica da mineralização de Cu-Au primária da mina de Au do Igarapé Bahia, Serra dos Carajás. Rev. Bras. Geoc., v. 28(3), p. 257-268.
- Lindenmayer Z.G. & Teixeira J.B.G. 1999. Ore genesis at the Salobo copper deposit, Serra dos Carajás. In Silva M.G. & Misi A. (eds.) Base metal deposits of Brazil. Geol. Surv. Brazil, Belo Horizonte, p. 33-43.
- Mayer D.J.K. & Farias N.F. 1980. O depósito de cobre Salobo 3 Alfa – Serra dos Carajás. An. XXXI Congr. Bras. Geol., Bol. 2, p. 382.
- Mayer D.J.K. et al. 1990. Mina de ouro do Igarapé Bahia: Persistência de um prospecto. An. XXXVI Congr. Bras. Geol., Boletim Resumos, p. 135.
- Medeiros Neto F.A. & Villas R.N.N. 1985. Geologia da jazida de Cu-Zn do corpo 4E-Pojuca, Serra dos Carajás. An. II Simp. Geol. Amaz., v. 3, p. 97-112.
- Meirelles M.R. & Dardenne M.A. 1993. Geoquímica e gênese dos jaspilitos arqueanos da Serra dos Carajás, Pará. IV Congr. Bras. Geoq., Resumos Expand, p. 131-132.
- Mellito K.M. & Tassinari. 1998. Aplicação dos métodos Rb-Sr e Pb-Pb à evolução da mineralização cuprífera do depósito Salobo 3 α , Província Mineral de Carajás. An. XL Congr. Bras. Geol., p. 119.
- Mougeot R., Resput J.P., Briqueu L., Ledru P., Mitesi J.P., Lerouge C., Huhn S.B., Macambira M.J.B. 1996. Isotope geochemistry constraints for Cu, Au mineralization and evolution of the Carajás Province (Pará, Brazil). An XXXIX Congr. Bras. Geol., v. 7, p. 321-324.
- Oliveira, C.G.; Tazava, E.; Tallarico, F.; Santos, R.V. e Gomes, C. 1998. Gênese do depósito de Au-Cu (U-ETR) de Igarapé Bahia, Província Mineral de Carajás. In: SBG – Congresso Brasileiro de Geologia 40, Belo Horizonte. Anais. p. 137.

- Pollard P.J., Mark G., Mitchell L.C. 1998. Geochemistry of post-1540 Ma granites in the Cloncurry district, northwest Queensland. *Econ. Geol.*, v. 93, p. 1330-1344.
- Reis F.N. & Villas R.N. 1999. O depósito de sulfetos de Cu + Au de Serra Verde, Província Mineral de Carajás: Caracterização mineralógica, rochas encaixantes e evidências de metamorfismo. *Bol. Res. Exp. VI Simp. Geol. Amaz.*, p. 105-109.
- Réquia K. & Fontboté L. 2000a. The Salobo iron oxide Cu (-Au) deposit, Carajás Mineral Province, northern Brazil: Evidences of hydrothermal alkali metassomatism in the host amphibolites. *An. 31st Internat. Geol. Congr., Abstract.*
- Requia K. & Fontboté L. 2000b. The Salobo iron oxide copper-gold deposit, Carajás, northern Brazil. In Porter T.M. (ed.), *Hydrothermal iron oxide copper-gold & related deposits*. Austral. Mineral Foundation, Glenside SA, p. p. 225-236.
- Réquia K.C.M., Xavier R.P., Figueiredo B. 1995. Evolução paragenética, textural e das fases fluidas no depósito polimetálico de Salobo, Província Mineral de Carajás, Pará. *Bol. Museu Paraense Emílio Goeldi, Série Ciências da Terra*, v. 7, p. 27-39.
- Ribeiro-Althoff A.M., Ronchi L.H., Lindemayer Z.G. 2000. Igarapé Bahia gold mine (Carajás, Brazil): Fluids and the alteration in a metagabbro and quartz vein formation. *XXXI Internat. Geol. Congr., Abstracts.*
- Rigon J.C., Munaro P., Santos L.A., Nascimento J.A.S., Barreira C.F. 2000. The Alvo 118 copper-gold deposit: geology and mineralization, Serra dos Carajás, Pará. *XXXI Internat. Geol. Congr., Abstract.*
- Rios F.J. & Villas R.N.N. 1991. Veios hidrotermais com mineralizações de sulfetos, Granito Central, Serra dos Carajás. *An. III Simp. Geol. Amaz.*, p. 336-349.
- Ronzê P.C., Soares A.D.V., Santos M.G.S., Barreira C.F. 2000. Alemão copper-gold (U-REE) deposit, Carajás, Brazil. In Porter T.M. (ed.), *Hydrothermal iron oxide copper-gold & related deposits*. Austral. Mineral Foundation, Glenside SA, p. 191-202.
- Sachs L.L.B. & Batista J.J. 1994. O magmatismo associado ao depósito mineral cupro-aurífero do Igarapé Bahia, Carajás, Pará, Brasil. *An. XXXVIII Congr. Bras. Geol.*, v. 1, p. 306-307.
- Sachs L.L.B., Batista J.J., Figueiredo B.R. 1993. The Igarapé Bahia deposit, district of Carajás, northern Brazil: Hydrothermal alteration and mineralization. *Bol. Resum. IV Congr. Bras. Geol.*, p. 183-185.
- Saueressig R. 1988. Depósito de cobre e zinco do Corpo Quatro, Pojuca. *Anais XXXV Congr. Bras. Geol., Anexo 'Província Mineral de Carajás - Litoestratigrafia e principais depósitos minerais'*, p. 113-119.
- Silva C.M.G. & Villas R.N.N. 1996. Alteração hidrotermal em arenitos e sill gabróticos arqueanos associada à mineralização sulfetada do prospecto Águas Claras, Serra dos Carajás (PA). *An. XXXIX Congr. Bras. Geol.*, v.3, p. 227-229.
- Silva C.M.G. & Villas R.N. 1998. The Águas Claras Cu-sulfide ± Au deposit, Carajás region, Pará, Brazil: Geological setting, wall-rock alteration and mineralizing fluid. *Rev. Bras. Geoc.*, v. 28, p. 315-326.
- Siqueira J.B. & Costa J.B.S. 1998. O quadro geológico e as mineralizações da região do Salobo 3 α (Carajás / PA). *An. XL Congr. Bras. Geol.*, p.154.
- Siqueira J.B., Costa J.B.S., Figueiredo B. 1997. O controle estrutural das mineralizações do depósito Salobo 3A (Carajás / PA). *VI Simp. Nac. Est. Tectônicos, Brasília, Extend. Abstr. Vol.*, p. 353-356.
- Soares A.D.V., Santos A.B., Vieira A., Bella V.M., Martins L.P.B. 1994. Área Águas Claras: Contexto geológico e mineralizações. *IV Simp. Geol. Amaz., Bol. Resumos Expandidos*, p. 379-382.
- Soares A.D.V., Ronzê P.C., Santos M.G.C., Leal E.D., Barreira C.F. 1999. Geologia e mineralizações do depósito de Cu-Au Alemão – Província Mineral de Carajás – PA. *Bol. Res. Exp. VI Simp. Geol. Amaz.*, p. 144-147.
- Souza L.H. & Vieira E.A.P. 2000. Salobo 3 Alpha deposit: Geology and mineralisation. In Porter T.M. (ed.), *Hydrothermal iron oxide copper-gold & related deposits*. Austral. Mineral Foundation, Glenside SA, p. 213-224.

- Tallarico, F.H.B.; Rego, J.L., Oliveira, C.G. 1998a. Petrografia e mineralogia da sequência vulcânica encaixante da mineralização de Au-Cu de Igarapé Bahia – Carajás. In: Congresso Brasileiro de Geologia 40, Belo Horizonte. *Anais*. p. 157.
- Tallarico, F.H.B.; Rego, J.L., Oliveira, C.G. 1998b. A mineralização de Au-Cu de Igarapé Bahia – Carajás: um depósito da classe óxido de Fe (Cu-U-Au-ETR). In: SBG – Congresso Brasileiro de Geologia 40, Belo Horizonte. *Anais*. p. 116.
- Tallarico F.H.B., Oliveira C.G., Figueiredo B.R. 2000a. A descriptive model for the Igarapé Bahia Cu-Au hypogene mineralization, Carajás Province, Brazil. XXXI Internat. Geol. Congr., Abstract.
- Tallarico F.H.B., Oliveira C.G., Figueiredo B.R. 2000b. The Igarapé Bahia primary Cu-Au mineralization, Carajás Province: a descriptive model and genetic considerations. *Rev. Bras. Geoc.*, v. 30, p. 230-233.
- Tazava E. 1999. Mineralização de Au-Cu-(±ETR-U) associada às brechas hidrotermais do depósito de Igarapé Bahia, Província Mineral de Carajás, PA. Diss. Mestr. Dep. Geol. UFOP, 81 p.
- Tazava E., Gomes N.S., Oliveira C.G. 1998. Significado da pirosmalita no depósito de Cu-Au-(U-ETR) de Igarapé Bahia, Província Mineral de Carajás. *An XL CBG*, p. 161.
- Tazava E. & Oliveira C.G. 2000. The Igarapé Bahia Au-Cu-(REE-U) deposits, Carajás Mineral Province, Northern Brazil. In Porter T.M. (ed.), *Hydrothermal iron oxide copper-gold & related deposits*. Austral. Mineral Foundation, Glenside SA, p. 213-212.
- Vieira E.A.P., Saueressig R., Siqueira J.B., Silva E.R.P., Rêgo J.L., Castro F.D.C. 1988. Caracterização geológica da jazida polimetálica do Salobo 3A. *Anais XXXV Congr. Bras. Geol.*, Anexo 'Província Mineral de Carajás - Litoestratigrafia e principais depósitos minerais', p. 95-111.
- Villas R.N. 1998. Granito Pojuca: Fonte de elementos terras raras e de urânio do depósito Bahia, Serra dos Carajás? *An. XL Congr. Bras. Geol.*, p. 143.
- Winter C.J. 1994. Geology and base-metal mineralization associated with Archean iron-formation in the Pojuca Corpo Quatro deposit, Carajás, Brazil. PhD Thesis, Univ. of Southampton, 300 p.
- Xavier R.P. & Dreher A.M. 2001. Carbon isotopic composition of carbonates in the Igarapé Bahia Cu-Au deposit, Carajás Mineral Province (PA), northern Brazil. *Bol. Resum. Expand. VII Simp. Geol. Amaz.*, submetido.

6.3 Referências adicionais

- Almada, M.C.O. 1998. O corpo Acampamento Sul do depósito Bahia, Carajás: características geológicas e fluidos hidrotermais. CPGG-UFPA, Belém. Tese de mestrado. 99 p.
- Althoff A.M.R.; Villas R.N.; Giuliani G. 1994. A mineralização cuprífera da área Bahia, serra dos Carajás (PA): Evolução dos fluidos hidrotermais e modelo metalogenético. *Geoch. Bras.*, v. 8(2), p. 135-155.
- Angélica, R.S. 1996. Mineralogia e geoquímica dos gossans e lateritos auríferos na região de Carajás, Estado do Pará: os depósitos de Igarapé Bahia e Águas Claras. CPGG-UFPA, Belém. Tese de Doutorado. 115p.
- Biagini D. 1990. Considerações sobre algumas feições metalogenéticas de Carajás. *Rel. Interno Docegeo*, 45 p.
- Bocalon V.L.S. 1997. Caracterização da mineralização primária de Cu-Au da mina do Igarapé Bahia, Carajás, PA. Diss. Mestrado Unisinos.
- Ferreira Fo. C. 1985. Geologia e mineralizações sulfetadas do Prospecto Bahia, Província Mineral de Carajás. Diss. Mestrado, UnB, 112 p.
- Ferreira Fo. C.F. et al. 1987. Geochronology of the Bahia Prospect copper deposit, Carajás Province - Brazil. In: IUGS. Precambrian evolution of the Amazonian region, Final meeting of the working group. *Extended Abstracts*. Carajás, p. 32-39.

- Hirata W.K., Beisiegel V.R., Bernardelli A.L., Farias N.F., Saueressig R., Meireles E.M., Teixeira J.T. 1982. Serra dos Carajás – Pará State: iron, manganese, copper and gold deposits. I International Symp. on Archean and Early Proterozoic Geologic Evolution and Metallogeny, Excursion Guide, p. 40-76.
- Hutchinson R.W. 1979. Report on Docegeo copper projects MM-1, Salobo and regional geological relationships, Pará, Brazil, Rel. Interno Docegeo, 17 p.
- Lindenmayer Z.G. 1990. Salobo, Carajás, Brazil: Geology, geochemistry and metamorphism. PhD Thesis, Univ. Western Ontario, Canada.
- Lindenmayer Z.G., Laux J.H., Viero A.C. 1995. O papel da alteração hidrotermal nas rochas da Bacia Carajás. Bol. Museu Paraense Emílio Goeldi, Série Ciências da Terra, v. 7, p. 125-145.
- Medeiros Neto F.A. 1984. Algumas observações sobre a geologia da Sequência Pojuca, Serra dos Carajás. Rel. Int. NCGG-UFPa, 8 p.
- Medeiros Neto F.A. 1985. Estudos geológicos, geoquímicos e microtermométricos da jazida de sulfetos de Cu-Zn do Corpo 4-E/Pojuca, Serra dos Carajás. Tese Mestrado, CG-UFPa, 152 p.
- Medeiros Neto F.A. 1986. Zoneamento químico e mineralógico na jazida do Pojuca, Serra dos Carajás: Ferramentas potenciais na exploração mineral. An. XXXIV Congr. Bras. Geol., v. 4, p. 1541-1555.
- Medeiros Neto F.A. 1986. Mineralizações auríferas da área Pojuca: Extração, transporte e deposição a partir de fluidos hidrotermais salinos. An. XXXIV Congr. Bras. Geol., v. 4, p. 1969-1981.
- Medeiros Neto F.A., Soares A.D.V., Bernardelli A.L., Queiroz L.M.G., Sá O.B. 1987. Prospecção geoquímica com sedimentos de corrente: estudo de um caso na Serra dos Carajás (área Pojuca). An. I Congr. Bras. Geoq., v. 1, p. 547-565.
- Mellito K.M. 1998. Aplicações dos sistemas Rb-Sr, Pb-Pb e Sm-Nd no depósito polimetálico do Salobo 3A, Província Mineral de Carajás. Pará. Diss. Mestr. IG-USP, 113 p.
- Moura C.A.V. 1982. Tratamento estatístico de dados geoquímicos e sua aplicação ao mapeamento geológico e definição de amostras geoquímicas no alvo 2 – Corpo 4, Província Mineral de Carajás. Tese Mestrado, NCGG / UFPa, 109 p.
- Moura C.A.V. 1985. Aplicação de tratamento estatístico multivariante em dados geoquímicos de solo no mapeamento geológico na província de Carajás (Alvo 2 – Corpo 4). Rev. Bras. Geoc., v. 15, p. 241-248.
- Nascimento J.A.S. & Huhn S.R.B. 1992. Garimpos de ouro da região de Carajás: Situação atual, principais características e sugestões para trabalhos futuros. Rel. Interno Docegeo, 34 p.
- Pinheiro R.V.L. 1997. Reactivation history of the Carajás and Cinzento strike-slip systems, Amazon, Brazil. PhD thesis, Univ. of Durham, England, 408 p.
- Réquia K. & Fontboté L. 2000c. Hydrothermal alkali metassomatism in the host amphibolites of the Salobo iron oxide Cu (-Au) deposit, Carajás Mineral Province, northern Brazil. In Stanley et al. (eds.) Mineral deposits: Processes to processing, Proceedings. A.A. Balkema, Rotterdam, p. 1025-1028.
- Réquia K. & Xavier R.P. 1995. Fases fluidas na evolução metamórfica do depósito polimetálico de Salobo, Província Mineral de Carajás, Pará. Rev. Esc. Minas Ouro Preto, v. 49(2), p. 117-122.
- Ribeiro A.M.R. 1989. Estudo geoquímico do sistema hidrotermal relacionado à mineralização cuprífera da área Bahia, Serra dos Carajás, Pará. Diss. Mestrado. Belém. CPGG – UFPa, 134 p.
- Ribeiro A.M.R. & Villas R.N.N. 1990. Estudo microtermométrico em cristais de quartzo de veios hidrotermais da Sequência Bahia, Carajás, PA. An. XXXVI Congr. Bras. Geol., v. 3, p. 1193-1204.
- Sachs L.L.B. 1993. O magmatismo associado ao depósito cupro-aurífero do Igarapé Bahia, Carajás, Pará, Brasil. Diss. Mestrado, IG-UNICAMP, 142 p.
- Siqueira J.B. 1996. Aspectos lito-estruturais e controle das mineralizações do depósito do Salobo 3A (Serra dos Carajás / PA). Tese de Doutorado, UFPa, Belém, 157 p.
- SUTEC / CVRD. 1996. Projeto de revisão do modelo geológico da mina do Igarapé Bahia: petrografia, química mineral e litogeoquímica. Rel. Interno CVRD.

Tallarico F.H.B. 1996. Projeto de revisNao do modelo geológico da mina de Igarapé Bahia: petrografia, química mineral e litogeoquímica. Rel. Int. CVRD, 57 p.

Viana A., Farias N., Saueressig R. 1982. Jazida de cobre Salobo 3A. Revista Ciências da Terra, v. 5, p. 13-18.

Wyborn L.A.I. 1998. Younger ca. 1500 Ma granites of the Williams and Naraky batholiths, Cloncurry, eastern Mt Isa inlier: geochemistry, origin, metallogenic significance and exploration indicators. Austral. Journ. Earth Sci., v. 45, p. 397-411.

Zang, W. e Fyfe, W.S. 1996. Chloritization of the hydrothermally altered bedrock at the Igarapé Bahia gold deposit, Carajás, Brazil. Mineralium Deposita, v. 30, p. 30-38.

SUMÁRIO E CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Tabela II mostra as principais indicações a respeito da tipologia dos depósitos minerais de Carajás conforme encontradas na literatura e revisadas no texto apresentado. Como ilustração à tabela, é apresentado a seguir um sumário destas indicações, acrescido de algumas considerações colocadas pelo presente autor.

- No caso dos depósitos de ferro, existe um certo consenso quanto à natureza exalativa dos protominérios. Sugestões mais específicas quanto à tipologia incluem as de tipo Superior (eg. Walde 1986; Gibbs & Wirth s.d.), tipo Algoma de porte excepcional (ver Gibbs & Barron 1993, p. 19), ou de um "tipo Carajás" particular (Hoppe et al. 1987). A associação com ambiente vulcano-sedimentar arqueano é sugestiva de tipo Algoma (Cf. Gross 1993, 1995). Serra Leste, associada a um *greenstone belt* "típico" (Rio Novo; Cf. Supergrupo Andorinhas, Docegeo 1988), possivelmente representa um BIF tipo Algoma *sensu stricto*.

- Para os depósitos de manganês, utilizou-se diretamente a classificação de Machamer (1987), elaborada levando-se em conta os próprios depósitos de Carajás, entre outros. O principal depósito de Carajás (Azul) corresponde ao tipo III (sedimentar, proterozóico), mas de idade mais antiga (tardi-arqueana) em relação a outros depósitos clássicos do mesmo tipo (eg. Gabão).

- Os depósitos de níquel e alumínio são resultantes do intemperismo de rochas de composição apropriada; não é de conhecimento deste autor classificações para estes tipos de depósitos baseadas especificamente na natureza do protominério e o assunto permanece em aberto.

- O depósito de wolframita de Pedra Preta é classificado como *greisen*, rocha que é referida especificamente em Cordeiro et al. (1988), mas falta ainda neste caso checar o trabalho de Santos (1987).

- Luanga representa exemplo de um tipo de cromitito aparentemente bastante raro, associado a *greenstone belts*. Os cromititos de Luanga seriam estratiformes (eg. Diella et al. 1995, 1996), mostrando algumas similaridades com os de Selukwe, no Zimbabwe (Suito & Nilson 1988, 1991); estes últimos parecem constituir um dos poucos exemplos mundiais economicamente importantes de cromitito neste tipo de ambiente geológico.

- Os indícios de platinóides descobertos nas serras da Onça e do Puma são secundários, representados por pepitas bateadas em solos e aluvião. A possível fonte primária sugerida com base no ambiente geológico das intrusões máfico-ultramáficas envolvidas é a de *reefs* ortomagmáticos (eg. Macambira et al. 1993a,b, 1996; Hulbert 1996).

- O ouro primário dos *greenstone belts* típicos da porção sul da província é classificado como mesotermal (eg. Nascimento & Biagini 1988). O depósito de Cumaru, entretanto, é algo peculiar uma vez que Santos et al. (1994, 1998) indicam para ele uma tipologia "híbrida", com feições tanto mesotermiais como do tipo pórfiro. Um aspecto anômalo deste ambiente é que ele ainda não produziu depósito econômico importante de ouro (Cf. Cordeiro 1999).

- No caso de Serra Pelada, o quadro de ouro associado a folhelhos carbonosos em fácies xisto verde na zona axial de dobra é sugestivo de depósito tipo *slate belt* (i. e. mesotermal) (eg. Meireles et al. 1982, 1988). Por outro lado, Sillitoe (1998; in Tallarico et al. 2000a) considera o depósito epizonal, *intrusion-related*, com base

TAB II –

CARAJÁS - TIPOLOGIA DOS PRINCIPAIS
DEPÓSITOS MINERAIS

DEPÓSITO	UNIDADE GEOLÓGICA	TIPOLOGIA
Fe - N4, Sa. Leste, Sa. Sul, S. Félix	Vulc-sed'tar (\approx G'stone belt) (Sa. Leste, Algoma s.s.?)	Algoma, exalativo mas tamanho atípico ^{1a} Superior (Hamersley) ^{1b} Tipo Carajás ^{1c}
Mn – Buritirama, Sereno Azul	Vulcano-sedimentar Cobertura sedimentar	Exalativo, Tipo I ² Sedimentar, Tipo III ³
Ni – Vermelho, Puma, etc	Intrusão anorogênica	Laterita niquelífera ⁴
Al – Platô N5	Vulcano-sedimentar	Blanket residual ⁵
Cr / PGEs – Luanga	Sill sin-vulcânico G'stone belt (Rio Novo)	Estratiforme, pré-orogênico ⁶
W – Pedra Preta	Granito anorogênico	Greisen ⁷
PGEs – Sa. da Onça	Intrusão anorogênica	Reef ortomagmático? ⁸
Au - Sa. Andorinhas	Greenstone belt	Mesotermal ⁹
Cumarú	Greenstone belt e Granito tipo I	Híbrida mesotermal e porphyry-gold ¹⁰
Ig. Bahia	Vulcano-sedimentar	Gossan ¹¹
Sa. Pelada	Cobertura sedimentar	Slate belt gold? ¹² Intrusion-related? ¹³
Águas Claras	Cobertura sedimentar	Veios granite-related? ¹⁴
Cu – Salobo, Pojuca, Ig. Bahia, Alemão	Vulcano-sedimentar e brechas associadas	Exalativo, eg. Besshi ¹⁵ Idem + reconcentração / adição epigenética ¹⁶ Fe-oxide "Family", (Intrusion-related) ¹⁷ Porphyry-copper ¹⁸
Sossego, Cristalino, Km 118	Vulcano-sedimentar e brechas graníticas?	Fe-oxide "Family", Granite-related? ¹⁹

FONTES DA CLASSIFICAÇÃO / OBSERVAÇÕES*

- 1 Beisiegel et al. 1973; Beisiegel 1982; Gibbs & Barron 1993; Meirelles et al 1993;
1a Gross 1993, 1995; 1b Gibbs & Wirth 1986; 1c Hoppe et al. 1987 /
Serra Leste Algoma ss (*Greenstone belt*)?
- 2 Anderson et al. 1974; Machamer 1987; Bello 1978; Valarelli et al. 1978
- 3 Bernardelli et al 1978, 1982; Andrade et al. 1986; Silva 1988; Machamer 1987
- 4 Heim & Castro F° 1986; Castro F° & Mattos 1986; Bernardelli & Alves 1988; Golightly 1981 /
- 5 Assad & Besiegel 1978,1982; Bardossy 1983; Kotschoubey 1988
- 6 Medeiros F° et al 1985; Suita et al 1988, 1991; Diella et al. 1995, 1996 /
Tipo raro (Cf. Selukwe, Zimbabwe); Pt >> outros PGEs
- 7 Santos 1987; Cordeiro et al. 1988; Rios et al.1998
- 8 Macambira et al. 1993; Hulbert 1996 / Só pepitas em solo
- 9 Nascimento & Biagini 1988; Huhn et al. 1988; Villas & Santos 2001
- 10 Santos et al. 1994, 1998; Leonardos et al. 1991 /
Feições e fluídos relacionados aos dois tipos citados
- 11 Mayer et al. 1990; Angélica 1996; Angélica et al. 2000
- 12 *Slate belt gold?* - Meireles et al. 1982, 1988. Cf. *shear zones*, filitos carbonosos
- 13 *Intrusion-related?* - Sillitoe 1998; Tallarico et al. 2000a,b / Cf. jasperóides
- 14 Soares et al. 1994; Silva & Villas 1996, 1998; Villas & Santos 2001
- 15 Exalativo, eg. Besshi - Hutchinson 1977, 1979; Ferreira F° & Danni 1985;
Medeiros Neto & Villas 1985; Lindenmayer 1990; Almada & Villas 1999a,b
Villas & Santos 2001; ver também Dreher & Xavier 2001
- 16 Exalativo + reconcentração / adição epigenética
Mougeot et al. 1996; Réquia et al. 1995; Villas 1998; Mellito & Tassinari 1998
- 17 *Fe-oxide "Family"* - Winter 1994; Huhn et al 1997; Tallarico et al. 2000;
Barreira et al. 1999; Pollard & Williams 1999; Lindenmayer & Teixeira 1999;
Ronzê et al. 2000, Souza & Vieira 2000, Tazava & Oliveira 2000;
Groves & Vielreicher 2001
- 18 *Porphyry-copper* - Lindenmayer 1998
- 19 *Fe-oxide "Family"* - Lancaster Oliveira et al. 2000; Leveille & Marschik 2000
Huhn et al. 1997, 1999, 2000; Rigon et al. 2000; Villas & Santos 2001;
Groves & Vielreicher 2001

* Referências relativas à Tab. II podem também ser encontradas nos respectivos itens do texto

na identificação de níveis de jasperóides e de mármore descalcificados associados à mineralização, mas nenhuma referência é feita quanto ao magmatismo envolvido no processo. Groves (1999) também considera o depósito *intrusion-related*, citando a ocorrência de "skarns" à magnetita-calcopirita-bornita; rochas similares são encontradas em depósitos a Cu-Au da província, e a fonte magmática em ambos os casos poderia ser concebivelmente a mesma segundo o autor citado.

- Em Serra Pelada foi lavrada importante zona de concentração supergênica de ouro, responsável por cerca de 40 t do metal, com pepitas de até várias dezenas de quilogramas. Ig. Bahia é exemplo ainda mais importante (ca. 110 t Au) de concentração supergênica do metal (Angélica et al. 1996, 2000), neste caso na forma de uma capa similar a *gossan* mas derivado de mineralização primária (a Cu-Au) disseminada em vez de maciça.

- Na cobertura que contém Serra Pelada, ocorrem também depósitos e indícios de Cu-Au, na forma de venulações de quartzo com, também mostrando enriquecimento supergênico. O exemplo mais divulgado é Águas Claras, que tem sido tentativamente relacionado a granitos anorogênicos (Silva & Villas 1998) e que seria então um caso adequado da área para ser considerado como depósito *intrusion-related*.

- Conforme bem especificado no texto apresentado, os depósitos de Cu-Au associados a sequências vulcano-sedimentares em Carajás geraram duas linhas gerais de interpretação, uma singenética *sensu stricto* (Cf. depósitos exalativos; eg. Hutchinson 1977, 1979; Amaral et al. 1988; Vieira et al. 1988; Lindenmayer 1990; Almada & Villas 1999; Villas & Santos 2001, *abstract*; ver também Dreher & Xavier 2001) ou com parte dos metais (eg. U-Au-Mo-ETR) adicionada ou reconcentrada posteriormente (eg. Mougeot et al. 1996; Réquia et al. 1995; Villas 1998; Mellito & Tassinari 1998); e uma epigenética (Cf. depósitos da "família" óxido Fe + Cu-Au; eg. Winter 1994; Huhn e Nascimento 1997; Lindenmayer & Teixeira 1999; Groves 1999; Tallarico et al. 2000b; Haynes 2000; Ronzê et al. 2000; Tazava & Oliveira 2000; Souza & Vieira 2000; Kerrich et al. 2000; Groves & Vielreicher 2001; ou Cf. depósitos tipo *porphyry copper*, Lindenmayer 1998).

- A primeira destas linhas seria aquela normalmente adotada para mineralizações de metais básicos associadas a sequências vulcano-sedimentares (VMS). Entretanto, existem pelo menos dois aspectos principais nos depósitos em pauta que fogem ao quadro comum de atributos de depósitos VMS: primeiro, evidentemente, a natureza predominantemente disseminada, não-maciça, da mineralização (Cf. Villas & Santos 2001; *abstract*); e segundo, a relevância de brechas magnetíticas como rochas hospedeiras do minério.

- Em relação aos primeiro destes aspectos, deve-se considerar que mineralizações disseminadas de cobre em BIFs óxido-silicato tipo Algoma associadas a plataformas máficas de sequências vulcano-sedimentares são descritas na literatura, sendo em princípio consideradas vulcanogênicas (Kirkham 1979; Appel 1979). Um dos principais exemplos do grupo, Granduc (Canadá) é classificado como tipo Besshi por Slack (1993). Em termos de feições tipológicas gerais e ambiente geológico, o grupo pode incorporar depósitos como Pojuca e Salobo.

- Quanto às brechas magnetíticas, é possível talvez separar-se dois casos. Algumas como as de Ig. Bahia mostram fragmentos apenas de rochas vulcano-sedimentares (com BIFs fácies óxido amplamente predominante) e são foliadas, enquanto outras, exemplificadas no *trend* de Sossego, incorporam também fragmentos de rocha granítica e sua matriz aparentemente é desprovida de foliação.

- As primeiras podem corresponder a brechas intraformaconais (eg. Dreher & Xavier 2001) que hospedam mineralização disseminada *strata-bound* provavelmente instalada por substituição e preenchimento da matriz em subsuperfície; brechas similares, com cimento de hematita, são, por exemplo, observadas (eg. Hoppe et al. 1987) nos depósitos de ferro de Carajás, estes interpretados como resultantes de atividade exalativa (Meirelles & Dardenne 1993). Embora aparentemente incomum, exemplo específico de brecha magnetítica associada a depósito exalativo (sedex) é mostrado por Rozendaal (1978), sendo os fragmentos neste caso de quartzito.

- Já as “brechas graníticas” teriam sido implantadas depois da intrusão de granitos na sequência vulcano-sedimentar e provavelmente após o metamorfismo, em condições que não permitiram desenvolvimento de foliação na matriz. É possível que os depósitos contendo este tipo de brecha façam realmente parte da “família” Fe óxido–Cu–Au (eg. Hitzman et al. 1992, 2000; Pollard et al 1999; Huhn & Nascimento 1997; Huhn et al. 1999, 2000; Leveille & Marschik 2000).

- Assim, a partir de revisão da literatura, coloca-se a perspectiva de ocorrência de dois tipos de depósito de Cu-Au em Carajás envolvendo materiais supracrustais do SGr Itacaiúnas: um intrinsecamente ligado às sequências vulcano-sedimentares, provavelmente a elas “penecontemporâneos” (Cf. Almada & Villas 1999), que estariam presentes sobretudo na região norte de Carajás (Salobo, Pojuca, Ig. Bahia); e outro, hospedado em “brechas graníticas”, com exemplos no *trend* do Sossego, a sul de Carajás (Cf. Villas & Santos 2001, *abstract*).

- No primeiro caso, uma hipótese tentadora a se considerar é a de que os três tipos de mineralizações conhecidas, *viz.* brechas *strata-bound*, sulfetos maciços e sulfetos disseminados, correspondam a diferentes fácies de um depósito exalativo (Cf. Goodfellow et al. 1993). Mineralizações maciças, por exemplo, são especificamente referidas para vários depósitos do norte de Carajás, eg. Alemão (Barreira et al. 1999), Pojuca (Saueressig 1988) e Serra Verde (Reis & Villas 1999). No caso do *trend* do Sossego, o quadro geológico conforme disponível na literatura é praticamente desconhecido e não permite inferências mais específicas.

- O modelo sin-vulcânico acima mencionado deve, entretanto, considerar resultados de análises de inclusões fluídas (alta salinidade, presença de CO₂) e de isótopos estáveis (¹³C, ¹⁸O em carbonatos), os quais sugerem contribuição de fluídos de origem profunda (*deep-seated*) (eg. Almada & Villas 1999; Oliveira et al. 1998; Tallarico et al. 2000b; Xavier & Dreher 2001). Para acomodar estes aspectos dentro do modelo seria necessário invocar a participação de fluídos associados a plutonismo sinvulcânico e de um sistema tectônico contemporâneo apropriado para conexão da fonte plutônica com o piso marinho.

- Finalmente, uma palavra de cautela em relação à aplicação do modelo da “família” de depósitos Óxido Fe – Cu – Au. Esta classificação tem sido usada para abarcar uma variedade de depósitos de diferentes estilos e relativamente poucas feições geológicas em comum (eg. Porter 2000). Tal *approach*, evidentemente, dificulta a aplicação da tipologia tradicional ao grupo, particularmente na medida em que deprecia o uso da geologia no tratamento de objetos geológicos (depósitos minerais).

Referências

- Almada M.C.O. & Villas R.N. 1999. O depósito Bahia: um possível exemplo de depósito de sulfeto vulcanogênico do tipo Besshi arqueano em Carajás. *Rev. Bras. Geol.*, v. 29, p. 579-592.
- Amaral E.V., Farias N. F., Saueressig R., Viana Jr. A., Andrade V.L.L.. 1988. Jazida de cobre Salobo 3A e 4A, Serra dos Carajás, Pará. In: Schobbenhaus C. & Coelho C.E. S. coords. Principais depósitos minerais do Brasil. Volume III. Metais básicos não-ferrosos, ouro e alumínio. DNPM / CVRD, Brasília, p. 43-53.
- Angélica, R.S. 1996. Mineralogia e geoquímica dos gossans e lateritos auríferos na região de Carajás, Estado do Pará: os depósitos de Igarapé Bahia e Águas Claras. CPGG-UFPA, Belém. Tese de Doutorado. 115p.
- Angélica R.S., Costa M.L., Soares A.D.V., Medeiros Fo. C.A., Munaro P. 2000. Cu-Au geochemical association in the Carajás region: Importance in the development of supergene deposits and criterious for exploration geochemistry in lateritic terrains. XXXI Internat. Geol. Congr., Abstracts.
- Appel P.W.U. 1979. Strata-bound copper sulfides in a banded iron-formation and in basaltic tuffs in the early Precambrian supracrustal belt, West Greenland. *Econ. Geol.*, v. 74, p. 45-52.
- Barreira C.F., Soares A.D.V., Ronzê P.C. 1999. Descoberta do Depósito Cu-Au Alemão – Província Mineral de Carajás (PA). *Bol. Res. Exp. VI Simp. Geol. Amaz.*, p. 136-139.
- Cordeiro A.A.C. 1999. Pesquisa mineral: Panorama atual da CVRD na Amazônia. VI Simp. Geol. Amaz., Manaus, p. 80-83.
- Cordeiro A.A.C., Alves C.A.S., Biagini D.O., Fonseca L.R., Nascimento J.A.S., Azevedo, I.L., Santos F.F. 1988. Depósito de wolframita de Pedra Preta, sul do Pará. In CVRD / SBG, Província Mineral de Carajás. Litoestratigrafia e principais depósitos minerais. Anexo An. XXXV Congr. Bras. Geol., p. 161-165.
- Diella V., Ferrario A., Girardi V.A.V. 1995. PGE and PGM in the Luanga mafic-ultramafic intrusion in Serra dos Carajás (Pará State, Brazil). *Ore Geol. Rev.*, v. 9, p. 445-453.
- Diella V., Ferrario A., Girardi V.A.V. 1996. Selected chromitites of the Precambrian Brazilian shield: Bulk chemistry, PGE characterization and PGM inclusions. An. XXXIX Congr. Bras. Geol., v. 6, p. 166-170.
- Docegeo. 1988. Revisão litoestratigráfica da Província Mineral de Carajás. Anais XXXV Congr. Bras. Geol., Anexo 'Província Mineral de Carajás - Litoestratigrafia e principais depósitos minerais', pg. 9-54.
- Dreher A.M & Xavier R.P. 2001. Provável origem e processo de mineralização das brechas de Igarapé Bahia, Carajás. *Bol. Resum. Expand. VII Simp. Geol. Amazônia*, submetido.
- Gibbs A. K. & Barron C.N. 1993. *The Geology of the Guiana Shield*. Oxford Monographs on Geology and Geophysics no. 22. Oxford University Press, New York, 246 p.
- Gibbs A.K. & Wirth K.R. s.d. Geologic setting of the Serra dos Carajás iron deposits, Brazil. (source pending).
- Goodfellow W.D., Lydon J.W. & Turner R.J.W. 1993. Geology and genesis of stratiform sediment-hosted (sedex) zinc-lead-silver sulphide deposits. In Kirkham R.V., Sinclair W.D., Thorpe R.I. & Duke J.M. (eds.) *Mineral deposit modeling*. Geological Association of Canada Special Paper 40, p. 201-251.
- Gross G.A. 1993. Industrial and genetic models for iron ore in iron-formations. In Kirkham R.V., Sinclair W.D., Thorpe R.I. & Duke J.M. (eds.) *Mineral deposit modeling*. Geological Association of Canada Special Paper 40, p. 151-170.
- Gross G.A. 1995. Stratiform iron. In Eckstrand O.R, Sinclair W.D., Thorpe R.I. (eds), *Geology of Canadian mineral deposits*. Geological Survey of Canada, Geology of Canada, no. 8, p. 41-54.
- Groves D.I. 1999. Report on consultancy in the Carajás region. Orebusters Pty Ltd., 36 p.
- Groves D.I. & Vielreicher N.M. 2001. The Phalaborwa (Palabora) carbonatite-hosted magnetite-copper sulfide deposit, South Africa: an end-member of the iron-oxide copper-gold-rare earth element deposit group? *Mineral. Deposita*, v. 36, p. 189-194.

- Haynes D.W. 2000. Iron oxide copper (-gold) deposits: Their position in the ore deposit spectrum and modes of origin. In Porter T.M. (ed.) Hydrothermal iron oxide copper-gold & related deposits. Austral. Mineral Foundation, Glenside SA, p. 71-90 p.
- Hoppe A., Schobbenhaus C., Walde D.H.G. 1987. Precambrian iron-formation in Brazil. In Appel P.W.U. & LaBerge G.L. (eds.), Precambrian iron-formations. Theophrastus Publ., Athens, p. 347-390.
- Hitzman M.W. 2000. Iron oxide-Cu-Au deposits: What, where, when, and why. In Porter T.M. (ed.), Hydrothermal iron oxide copper-gold & related deposits. Austral. Mineral Foundation, Glenside SA, p. 9-25.
- Hitzman M.W., Oreskes N., Einaudi M.T. 1992. Geological characteristics and tectonic setting of Proterozoic iron oxide-(Cu-U-Au-REE) deposits. *Precambrian Research*, v. 58, p. 241-287.
- Huhn S.R.B. & Nascimento J.A.S. 1997. São os depósitos cupríferos de Carajás do tipo Cu-Au-U-ETR? In Costa M.L. & Angélica R.S. (coords.), Contribuições à geologia da Amazônia. Belém, FINEP / SBG, p. 143-160.
- Huhn S.R.B., Soares A.D.V., Souza C.I.J., Albuquerque M.A.C., Leal E.D., Vieira E.A.P., Masotis F.S. & Brustolin V. 2000. The Cristalino copper gold deposit, Serra dos Carajás, Pará. XXXI Internat. Geol. Congr., Abstract.
- Huhn S.R.B., Souza C.I.J., Albuquerque M.C., Leal E.D., Brustolin V. 1999. Descoberta do depósito Cu(Au) Cristalino: Geologia e mineralização associada – Região da Serra do Rabo. Bol. Res. Exp. VI Simp. Geol. Amaz., p. 140-143.
- Hulbert L. 1996. Serra da Onça Complex: Assessment of Platinum-group element potential. Mission report, Geol. Surv. Can., 10 p.
- Hutchinson R.W. 1977. Report on Docegeo exploration projects and possibilities. Rel. int. Docegeo, 112p.
- Hutchinson R.W. 1979. Report on Docegeo copper projects MM-1, Salobo and regional geological relationships, Pará, Brazil, Rel. Interno Docegeo, 17 p.
- Kerrick R., Goldfarb R., Groves D., Garwin S. 2000. The geodynamics of world-class gold deposits: Characteristics, space-time distribution, and origin. In Hageman S.G. & Brown P.E. (eds.) Gold in 2000. *Reviews in Econ. Geol.*, v. 13, Soc. Econ. Geol., p. 501-551.
- Kirkham R.V. 1979. Copper in iron formation. In Current Research, Part B, Geol Surv. Can., Paper 79-1B, p. 17-22.
- Leveille R.A. & Marschik R. 2000. Iron oxide copper-gold deposits in South America. XXXI Internat. Geol. Congr., Abstract.
- Lindenmayer Z.G. 1990. Salobo, Carajás, Brazil: Geology, geochemistry and metamorphism. PhD Thesis, Univ. Western Ontario, Canada.
- Lindenmayer Z.G. 1998. O depósito de Cu(Au-Mo) do Salobo, Serra dos Carajás, revisitado. Workshop Depósitos Minerais Brasileiro de Metais-Base. UFBA / ADIMB / SBG, Salvador, p. 29-37.
- Lindenmayer Z.G. & Teixeira J.B.G. 1999. Ore genesis at the Salobo copper deposit, Serra dos Carajás. In Silva M.G. & Misi A. (eds.) Base metal deposits of Brazil. Geol. Surv. Brazil, Belo Horizonte, p. 33-43.
- Macambira E.M.B., João X.S.J., Alves J.N. 1993a. Occurrence of Platinum-group minerals in the Serra da Onça mafic-ultramafic complex, Southern Pará, Brazil. Brazilian PGE Meeting, p. 41-43.
- Macambira E.M.B., João X.S.J., Alves J.N. 1993b. Ocorrência de minerais do grupo da platina no complexo máfico-ultramáfico da Serra da Onça, sul do Pará, Brasil. I Encontro Brasileiro sobre Elementos do Grupo da Platina. Vol. Resum. Expand., p. 41-43.
- Macambira E.M.B., João X.S.J., Silva M.A., de Dios F. R.B. 1996. Ocorrência de minerais do grupo da platina no complexo máfico-ultramáfico da Serra do Puma – Sul do Pará. An. XXXIX Congr. Bras. Geol., v. 6, p. 196-199.
- Machamer J.F. 1987. A working classification of manganese deposits. *Min. Mag.* 157, p. 348-351.

Meireles E.M. & Silva A.R.B. 1988. Depósito de ouro de Serra Pelada, Marabá, Pará. In Schobbenhaus C. & Coelho C.E.S. (Coords.), Principais depósitos minerais do Brasil, Volume III. Metais básicos não-ferrosos, ouro e alumínio. DNPM, Brasília, p. 547-557.

Meireles E.M., Teixeira J.T., Lourenço R.S. & Medeiros F. C.A. 1982. Geologia, estrutura e mineralização aurífera de Serra Pelada. An. XXXII Congr. Bras. Geol., v. 3, p. 900-911.

Meireles M.R. & Dardenne M.A. 1993. Geoquímica e gênese dos jaspilitos arqueanos da Serra dos Carajás, Pará. IV Congr. Bras. Geoq., Resumos Expand, p. 131-132.

Mellito K.M. & Tassinari. 1998. Aplicação dos métodos Rb-Sr e Pb-Pb à evolução da mineralização cuprífera do depósito Salobo 3 α , Província Mineral de Carajás. An. XL Congr. Bras. Geol., p. 119.

Mougeot R., Resput J.P., Briqueu L., Ledru P., Milesi J.P., Lerouge C., Huhn S.B., Macambira M.J.B. 1996. Isotope geochemistry constraints for Cu, Au mineralization and evolution of the Carajás Province (Pará, Brazil). An XXXIX Congr. Bras. Geol., v. 7, p. 321-324.

Nascimento J.A.S. & Biagini D.O. 1988. Conhecimento atual da jazida de ouro de Lagoa Seca, sul do Pará. In CVRD / SBG, Província Mineral de Carajás. Litoestratigrafia e principais depósitos minerais. Anexo An. XXXV Congr. Bras. Geol., p. 141-157.

Oliveira, C.G.; Tazava, E.; Tallarico, F.; Santos, R.V. e Gomes, C. 1998. Gênese do depósito de Au-Cu (U-ETR) de Igarapé Bahia, Província Mineral de Carajás. In: SBG – Congresso Brasileiro de Geologia 40, Belo Horizonte. *Anais*. p. 137.

Pollard P.J. & Williams P.J. 1999. Short course on Fe oxide-copper-gold deposits (The Candelaria – Ernest Henry – Olympic Dam Family), James Crook Univ, Econ. Geol. Research Unit, ca. 230 p.

Porter T.M. 2000. Hydrothermal iron-oxide copper-gold & related ore deposits. In Porter T.M. (ed.) Hydrothermal iron oxide copper-gold & related deposits. Austral. Mineral Found., Glenside SA, p. 3-5.

Reis F.N. & Villas R.N. 1999. O depósito de sulfetos de Cu + Au de Serra Verde, Província Mineral de Carajás: Caracterização mineralógica, rochas encaixantes e evidências de metamorfismo. Bol. Res. Exp. VI Simp. Geol. Amaz., p. 105-109.

Requia K. & Fontboté L. 2000. The Salobo iron oxide copper-gold deposit, Carajás, northern Brazil. In Porter T.M. (ed.), Hydrothermal iron oxide copper-gold & related deposits. Austral. Mineral Foundation, Glenside SA, p. p. 225-236.

Réquia K.C.M., Xavier R.P., Figueiredo B. 1995. Evolução paragenética, textural e das fases fluidas no depósito polimetálico de Salobo, Província Mineral de Carajás, Pará. Bol. Museu Paraense Emílio Goeldi, Série Ciências da Terra, v. 7, p. 27-39.

Ronzê P.C., Soares A.D.V., Santos M.G.S., Barreira C.F. 2000. Alemão copper-gold (U-REE) deposit, Carajás, Brazil. In Porter T.M. (ed.), Hydrothermal iron oxide copper-gold & related deposits. Austral. Mineral Foundation, Glenside SA, p. 191-202.

Rozendaal A. 1978. The Gamsberg zinc deposit, Namaqualand. In Verwoerd W.J. (ed.) Mineralization in metamorphic terranes. Geol. Soc. South Afr. Spec. Publ. No. 4, p. 235-265.

Santos J.F. 1987. Tipologia e gênese do depósito de tungstênio de Pedra Preta – PA. Diss. Mestrado., Inst. Geoc. USP, 100 p.

Santos M.D. et al. 1994. Sistema de fluidos e modelo genético do depósito aurífero do Cumaru, SE do Estado do Pará. Contexto geológico e mineralizações. Bol. Resum. Expand IV Simp. Geol. Amaz., p. 375-378.

Santos M.D., Leonardos O.H., Foster R.P., Fallick A.E. 1998. The lode-porphyry model as deduced from the Cumaru mesothermal granitoid-hosted gold deposit, southern Pará, Brazil. Rev. Bras. Geoc., v. 28, p. 327-338.

Saueressig R. 1988. Depósito de cobre e zinco do Corpo Quatro, Pojuca. Anais XXXV Congr. Bras. Geol., Anexo 'Província Mineral de Carajás - Litoestratigrafia e principais depósitos minerais', p. 113-119.

- Sillitoe R.H. 1998. Geological model and exploration potential, Serra Leste Gold Deposit, Carajás region. Int. Report, 15 p.
- Silva C.M.G. & Villas R.N. 1998. The Águas Claras Cu-sulfide ± Au deposit, Carajás region, Pará, Brazil: Geological setting, wall-rock alteration and mineralizing fluid. *Rev. Bras. Geoc.*, v. 28, p. 315-326.
- Slack J.F. 1993. Descriptive and grade-tonnage models for Besshi-type massive sulphide deposits. In Kirkham R.V., Sinclair W.D., Thorpe R.I. & Duke J.M. (eds.) *Mineral deposit modeling*. Geological Association of Canada Special Paper 40, p. 343-371.
- Souza L.H. & Vieira E.A.P. 2000. Salobo 3 Alpha deposit: Geology and mineralisation. In Porter T.M. (ed.), *Hydrothermal iron oxide copper-gold & related deposits*. Austral. Mineral Foundation, Glenside SA, p. 213-224.
- Suita M.T.F. & Nilson A.A. 1988. Geologia do Complexo Máfico-Ultramáfico Luanga (Província de Carajás, Pará) e das unidades encaixantes. *An. XV Congr. Bras. Geol.*, v. 6, p. 2813-2823.
- Suita M.T.F. & Nilson A.A. 1991. O depósito de cromita estratiforme do complexo Luanga, província de Carajás, Pará – Aspectos geoquímicos. *III Congr. Bras. Geol. / I Congr. Geol. Países de Língua Portuguesa. Resumos 1o. Volume*, p. 2203-206.
- Tallarico F.H.B., Coimbra C.R., Costa C.H.C. 2000a. The Serra Leste sediment hosted Au-(Pd-Pt) mineralization, Carajás Province. *Rev. Bras. Geoc.*, v. 30, p. 226-229.
- Tallarico F.H.B., Oliveira C.G., Figueiredo B.R. 2000b. The Igarapé Bahia primary Cu-Au mineralization, Carajás Province: a descriptive model and genetic considerations. *Rev. Bras. Geoc.*, v. 30, p. 230-233.
- Tazava E. & Oliveira C.G. 2000. The Igarapé Bahia Au-Cu-(REE-U) deposits, Carajás Mineral Province, Northern Brazil. In Porter T.M. (ed.), *Hydrothermal iron oxide copper-gold & related deposits*. Austral. Mineral Foundation, Glenside SA, p. 213-212.
- Vieira E.A.P., Saueressig R., Siqueira J.B., Silva E.R.P., Rêgo J.L., Castro F.D.C. 1988. Caracterização geológica da jazida polimetálica do Salobo 3A. *Anais XXXV Congr. Bras. Geol., Anexo 'Província Mineral de Carajás - Litoestratigrafia e principais depósitos minerais'*, p. 95-111.
- Villas R.N. 1998. Granito Pojuca: Fonte de elementos terras raras e de urânio do depósito Bahia, Serra dos Carajás? *An. XL Congr. Bras. Geol.*, p. 143.
- Villas R.N. & Santos M.D. 2001. Gold deposits of the Carajás mineral province: deposit types and metallogenesis. *Abstract. Mineral. Deposita*, v. 36(3/4), p. 300.
- Walde D.H.G. 1986. Geologia do ferro. In: Schobbenhaus C. & Coelho C.E.S. coords. *Principais depósitos minerais do Brasil. Volume III. Ferro e metais da indústria do aço*. DNPM / CVRD, Brasília, p. 3-6.
- Winter C.J. 1994. Geology and base-metal mineralization associated with Archean iron-formation in the Pojuca Corpo Quatro deposit, Carajás, Brazil. PhD Thesis, Univ. of Southampton, 300 p.
- Xavier R.P. & Dreher A.M. 2001. Carbon isotopic composition of carbonates in the Igarapé Bahia Cu-Au deposit, Carajás Mineral Province (PA), northern Brazil. *Bol. Resum. Expand. VII Simp. Geol. Amazônia*, submetido.