

ESTRUTURAÇÃO DOS ARCOS MAGMÁTICOS PALEOPROTEROZOICOS NA PORÇÃO SUL DO CRÁTON AMAZÔNICO: IMPLICAÇÕES GEOTECTÔNICAS E METALOGENÉTICAS

Caetano Juliani^{1,5} (cjuliani@usp.br), Cleyton de Carvalho Carneiro^{1,2,5} (cleyton@usp.br), Saulo Alves Carreiro-Araújo³ (s.carreiro@petrobras.com.br), Carlos Marcello Dias Fernandes (cmdf@bol.com.br)^{4,5}, Lena Virginia Soares Monteiro^{1,5} (lena.monteiro@usp.br), Alvaro Penteado Crósta² (alvaro@ige.unicamp.br)

¹GSA/IGUSP, ²DGRN/UNICAMP, ³Petrobras-E&P/Exp, ⁴IG/UFPA, ⁵INCT-Geociam

INTRODUÇÃO

A evolução do Cráton Amazônico foi inicialmente associada por Amaral (1974) a uma plataforma arqueana retrabalhada por intenso plutonismo e vulcanismo anorogênico no Paleoproterozoico, conhecido como magmatismo Uatumã. Cordani (1979), com base em dados geocronológicos, interpretou a evolução do cráton como relacionada a arcos magmáticos insulares amalgamados ao redor de um núcleo arqueano. A evolução dos estudos resultou na distinção de diversas províncias geocronológicas (Tassinari & Macambira, 1999, Santos *et al.*, 2000), corroborada por dados geocronológicos precisos, bem como de isótopos radiogênicos que evidenciam fontes juvenis para as rochas dos terrenos paleoproterozoicos.

Dados resultantes de mapeamentos geológicos, petrologia das rochas ígneas félsicas e intermediárias, litoquímica, geocronologia e geofísica orbital e aerotransportada, no entanto, permitem novas interpretações, apresentadas nesse trabalho, sobre a geração e evolução tectono-magmática dos terrenos paleoproterozoicos na parte sul do Cráton Amazônico, em especial das unidades agrupadas no Supergrupo Uatumã *sensu lato*, e sua influência nos terrenos arqueanos da Província Carajás e suas relações com o Domínio Bacajá.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A evolução do cráton tem sido associada a eventos de subducção de sudoeste para nordeste que teriam resultado na amalgamação de diversos arcos insulares (Tassinari & Macambira, 1999, Santos *et al.*, 2000) produzidos durante a evolução de orógenos acrescionários (Cordani & Teixeira, 2007).

Entretanto, os mapeamentos geológicos mais recentes não evidenciam associações de rochas supracrustais sequer semelhantes àquelas tipicamente geradas em arcos insulares e nem metamorfismo e deformação compatíveis com esse tipo de ambiente tectônico. Na Província Mineral do Tapajós (PMT), nota-se ainda que as mesmas unidades plutônicas e supracrustais são encontradas tanto nos terrenos atribuídos aos arcos insulares acrescidos como ao continente mais antigo, o que seria incompatível com o modelo acrescionário proposto. Em maior detalhe, observa-se que a estruturação desses arcos é baseada na presença de rochas plutônicas cálcio-alcalinas pouco evoluídas, notadamente tonalitos e granodioritos, de diferentes idades, enquanto as rochas vulcânicas félsicas de Ca. 1,88 Ga (Supergrupo Uatumã) são usualmente consideradas anorogênicas. No entanto, distinguem-se entre essas vulcânicas as unidades cálcio-alcalinas de ca. 2,0 Ga correlatas à Formação Vila Riozinho (Lamarão *et al.*, 2002). Na PMT, o modelo vigente define a existência de arcos magmáticos mais antigos e menos evoluídos na parte sul da província, com arcos plutônicos gradativamente mais recentes aflorando na direção nordeste, produto da acreção sequenciada de arcos insulares, o que indicaria a existência de diversos arcos desenvolvidos num intervalo de ~260 Ma. Esse modelo de distribuição dos terrenos indica, entretanto, que o arco mais antigo situa-se na borda da massa continental constituída em Ca. 1,87 Ga. Com isso, outros arcos insulares teriam se formado sequencialmente dentro do oceano que estava se fechando, já que os arcos mais novos estão mais próximos do núcleo continental. Em terrenos mais recentes, no entanto, observa-se comumente o inverso.

A análise de estruturas dessa parte do cráton destaca lineamentos de direção E-W, em continuidade com as zonas de cisalhamento arqueanas da região de Carajás (Fig. 1) e que prolongam-se até além do Rio Tapajós. Parte dessas estruturas E-W condicionaram a colocação de rochas vulcânicas félsicas e intermediárias cálcio-alcalinas, o que sugere fortemente que o

embasamento arqueano está presente sob a cobertura de vulcânicas e intrusões de tonalitos e granodioritos que definem arcos magmáticos. Essas estruturas impossibilitam a interpretação de acreção continental fundamentada na colagem de arcos insulares, já que não seria possível explicar a continuidade desses lineamentos em terrenos com evolução em diferentes regiões separadas por oceanos.

Adicionalmente, o magmatismo cálcio-alcálico epizonal que propiciou a geração das mineralizações epitermais e do tipo pórfiro de ca. 1,88 Ga na PMT (Fig. 1), bem como as caldeiras vulcânicas, associam-se com as estruturas E-W. E, ainda mais, essas mesmas estruturas também controlaram a instalação dos sistemas IOCG de 1,88 Ga em Carajás (Moreto *et al.* 2013), indicando que sistemas hidrotermais regionais instalaram-se na parte sul do cráton no final do Paleoproterozoico. A colocação de magmas epizonais ao longo de estruturas E-W apenas seria possível se o magmatismo félsico fosse anorogênico. Entretanto, dados litoquímicos das vulcânicas e pórfiros associados geneticamente com as mineralizações epitermais e do tipo pórfiro no Tapajós mostram típicas filiações cálcio-alcálicas de ambiente orogênico, mas de margens continentais ativas, ou seja, de arcos magmáticos continentais e não insulares. Adicionalmente, as rochas sedimentares associadas a esse evento são de margens continentais a fluviais, o que reforça essa interpretação.

Por outro lado, em orógenos acrescionários continentais fanerozoicos e modernos, grandes estruturas tectônicas paralelas à zona de subducção controlam a colocação dos magmas em profundidade, estruturam campos vulcânicos e orientam os arcos magmáticos o que, por analogia, sugere que a subducção na parte sul do Cráton Amazônico orientava-se segundo E-W, com a subducção de sul para norte, como indicado pelos zonamentos magmáticos e metalogenéticos (Juliani & Fernandes, 2010, Juliani *et al.*, 2013) e pelo possível estágio de *flat-subduction* indicado por Fernandes *et al.* (2011) para geração do vulcanismo cálcio-alcálico de ca. 1,88 Ga na região de São Félix do Xingu.

Evidências de que a estruturação de primeira ordem da parte sul do Cráton Amazônico é E-W são também mostradas pela anomalia Bouguer e pelo campo magnético (Fig. 2 e 3), como detalhado em Carneiro *et al.* (2013). Adicionalmente, as anomalias Bouguer definem duas faixas de altos e baixos de orientação E-W que sugerem a existência de dois arcos magmáticos justapostos (Fig. 3). Essa estruturação é relacionada à espessura da crosta, como indicado pela profundidade da descontinuidade de Mohorovicic nessa faixa (Carneiro *et al.*, 2013). Esses dados também indicam que o bloco Carajás foi alçado alguns quilômetros em função da colisão do cinturão Araguaia, até as proximidades de São Félix do Xingu, motivo pelo qual a cobertura vulcânica *sensu lato* Uatumã foi removida, e que há um forte adelgaçamento da crosta nos terrenos neoproterozóicos, mesmo com a continuidade do embasamento arqueano sob parte dessa região, definindo um nítido evento de empurrão para oeste, possivelmente com *nappes*, no Neoproterozoico.

Carneiro *et al.* (2013) definem que as estruturas magnetométricas orientadas em NW-SE são rasas na PMT, com profundidades menores que 3 km. No entanto, sob as vulcânicas e granitos epizonais gerados nos arcos paleoproterozoicos, a crosta estrutura-se anastomosadamente segundo E-W com indicações de mergulhos para norte, de modo análogo ao observado nos terrenos arqueanos de Carajás. Juliani & Fernandes (2010) observaram que falhas com orientação NW-SE e NE-SW foram condutos preferenciais para colocação dos magmas tardi-orogênicos e anorogênicos em 1,88-1,86 Ga, que são responsáveis pelas anomalias NW-SE na PMT. Sendo os magmas tardi-orogênicos composicionalmente os mais apropriados para transporte e deposição do ouro em sistemas magmáticos-hidrotermais, esse aspecto, juntamente com a evolução da erosão cenozóica no Tapajós, poder explicar a distribuição dos garimpos de ouro com importante orientação NW.

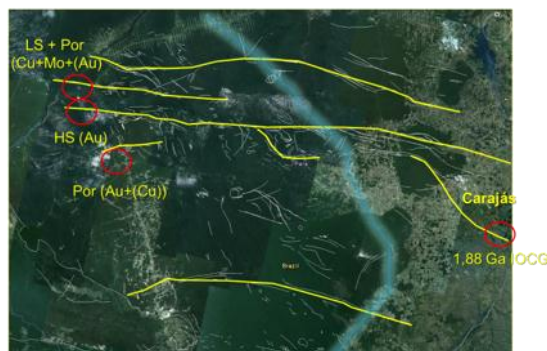


Figura 1 – Principais lineamentos em amarelo indicando que as estruturas tectônicas de Carajás têm continuidade até além do rio Tapajós. Círculos vermelhos destacam mineralizações de ca. 1,88 Ga. LS = *low-sulfidation*, HS = *high-sulfidation*, Por = pórfiro.

Observa-se também que o embasamento da mineralização *low-sulfidation* é formado por granitos sub-vulcânicos de ca. 2,0 Ga, onde os trabalhos prévios indicam a presença do arco magmático Parauari, de ca. 1,89 Ga. No embasamento das vulcânicas de 1,96 Ga na parte sul da província, os tonalitos tem ca. 2,12 Ga. Assim, sugere-se que a parte sul do Crátom Amazônico é constituída por um embasamento arqueano que se adelgaça para oeste, sobre o qual se desenvolveram pelo menos dois arcos magmáticos continentais.

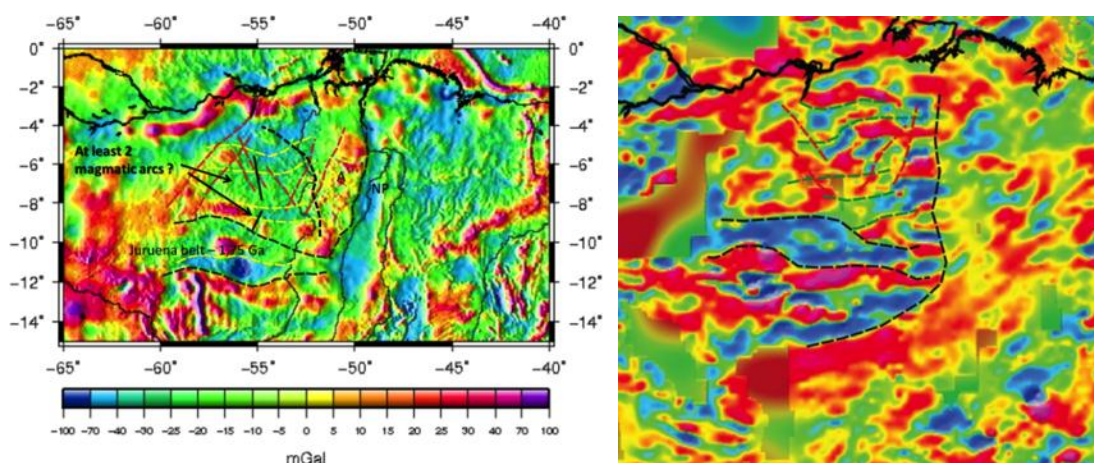


Figura 2 – Mapa de anomalia Bouguer indicando a possível existência de dois arcos magmáticos ainda não discriminados e estruturas NW-SE e SW-NE que controlaram o magmatismo tardi-orogênico e orogênico do tipo A. **Figura 3.** Mapa magnetométrico evidenciando a mesma estruturação. Notar a continuidade das estruturas arqueanas e paleoproterozoicas no Cinturão Araguaia. A= Terrenos arqueanos, NP = Cinturão Araguaia.

CONCLUSÕES

Conclui-se, considerando-se as estruturas tectônicas, as definidas pela geofísica, o zonamento magmático e a especialização das mineralizações de metais de base e do ouro, que a parte sul do Crátom Amazônico é formada por pelo menos dois arcos magmáticos continentais, aqui nomeados Arcos Tapajônicos, um mais antigo (2,13 – 1,95 Ga), predominantemente na parte sul, e outro mais novo (1,89 – 1,87 Ga) superposto, na parte norte, ambos orientados na direção E-W. Os arcos foram gerados pela subducção de uma placa oceânica de sul para norte sob uma placa arqueana a paleoproterozoica. De modo análogo, entende-se que o Domínio Bacajá também deve estender-se para oeste, mas está em parte recoberto por rochas vulcânicas e cortado por intrusões dos arcos magmáticos supracitados. As estruturas E-W associadas à formação desses arcos propiciaram o desenvolvimento de mineralizações IOCG, epitermais e do tipo pórfiro, sendo, portanto, zonas potenciais para prospecção de metais de base e preciosos. A presença de

um arco magmático pouco evoluído na parte norte da PMT indica que pode haver dois zoneamentos magmáticos e metalogenéticos na parte sul do cráton, com grande potencial para ocorrência de mineralizações magmáticas-hidrotermais, metais de base e preciosos na região.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Serviço Geológico do Brasil (CPRM) pela concessão dos dados aerogeofísicos, especialmente à Dra. Maria Laura Azevedo e ao Dr. Alexandre Lago da DIGEOF/RJ, ao CNPq/CT-Mineral (Proc. 550.342/2011-7) e ao INCT-Geociam (573733/2008-2) - CNPq/MCT/FAPESPA/PETROBRAS).

REFERÊNCIAS

- Amaral G. 1974. Geologia Pré-Cambriana da Região Amazônica. Tese de Livre Docência, IG/USP, 212 p.
- Carneiro C. de C., Carreiro-Araújo S.A., Juliani C., Crósta A.P., Monteiro L.V.S., Fernandes C.M.D. 2013. Estruturação profunda na Província Mineral do Tapajós evidenciada por magnetometria: implicações para evolução tectônica do Cráton Amazonas. Simp. Bras. Geof. (submetido).
- Cordani U.G., Tassinari C.C.G., Teixeira W., Basei M.A.S., Kawashita K. 1979. Evolução tectônica da Amazônia com base nos dados geocronológicos. In: Cong. Geol. Chileno, 2, Arica, Chile, Actas, p. 137-148.
- Cordani, U.G., Teixeira, W. 2007. Proterozoic accretionary belts in the Amazonian Craton. Geological Society of America Memoirs, 200, 297-320.
- Fernandes, C.M.D., Juliani, C., Monteiro, L.V.S., Lagler, B. e Echeverri Misas, C.M., 2011. High-K calc-alkaline to A-type fissure-controlled volcano-plutonism of the São Félix do Xingu region, Amazonian craton, Brazil: Exclusively crustal sources or only mixed Nd model ages? Journal of South American Earth Sciences, 32(4), 351-368.
- Juliani C. & Fernandes C.M.D. 2010. Well-preserved Late Paleoproterozoic volcanic centers in the São Félix do Xingu region, Amazonian Craton, Brazil. Journal of Volcanology and Geothermal Research, 191, 167-179.
- Juliani, C., Monteiro, L.V.S., Fernandes, C.M.D., Carneiro, C. de C., Echeverri-Misas, C.M., Lagler, B., Aguiar-Bocanegra, M.A., Tokashiki, C. do C., 2013. Controle tectônico e eventos magmáticos associados às mineralizações epitermais, do tipo pórfiro e IOCG paleoproterozoicas na parte sul do Cráton Amazônico e seu potencial de prospectividade. Simpósio Brasileiro de Metalogenia, 3, Gramado, RS. [CDROM]
- Lamarão C.N., Dall'agnol R., Lafon J.M., Lima E.F. 2002. Geology, geochemistry, and Pb-Pb zircon geochronology of the Paleoproterozoic magmatism of Vila Riozinho, Tapajós Gold Province, Amazonian craton, Brazil. Prec. Res., 119, 189-223.
- Moreto, C.P.N., Monteiro, L.V.S., Xavier, R.P., Melo, G.H.C., Silva, M.A.D. 2013. Multiple hydrothermal and iron oxide Cu-Au systems in the Southern Copper Belt, Carajás Province. Simpósio Brasileiro de Metalogenia, 3, Gramado, RS [CDROM]
- Santos J.O.S., Hartmann L.A., Gaudette H.E., Groves D.I., McNaughton N.J., Fletcher I.R. 2000. A new understanding of the provinces of the Amazon craton based on integration of field mapping and U-Pb and Sm-Nd geochronology. Gondwana Research, 3, 453-488.
- Tassinari C.C.G. & Macambira M.J.B. 1999. Geochronological Provinces of the Amazonian Craton. Episodes, 22, 174-182.