



FÁBRICA MAGNÉTICA DO PLUTON PÓS-COLISIONAL CONCEIÇÃO DE MUQUI NO ORÓGENO ARAÇUAÍ, BRASIL.

Gabriel G. Silva¹, Caroline C. V. Soares¹, Filipe A. Temporim^{2*}, Lucas P. Gouvêa³, Silvia R. Medeiros³,
Julio C. Mendes³, Ricardo I. F. Trindade²

¹ Universidade Federal do Espírito Santo, Departamento de Geologia, Alegre, Brazil.

² Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brazil.

³ Universidade Federal do Rio de Janeiro, Departamento de Geologia, Rio de Janeiro, Brazil;

*e-mail: filipetemporim@gmail.com

ABSTRACT

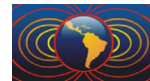
A magnetic fabric study was carried out in the Conceição de Muqui pluton, Espírito Santo state (Brazil) - a post-orogenic, elliptic intrusion located in the southern portion of the Neoproterozoic Araçuaí orogenic belt. With this study we aim to contribute to the understanding of the mechanisms of emplacement and deformation of these post-collisional igneous intrusions. The work involved fieldwork, petrographic analyses, generation and interpretation of AMS data and identification of magnetic mineralogy (by thermomagnetic curves). Locally, the physical (mingling) and chemical (mixing) mixture of magmas mask internal contact relations between magmatic facies. The hosting rocks present low magnetic susceptibility (K_m), and oblate ellipsoids with low anisotropy degree (P), compared to the pluton's rocks that have higher K_m with average of 37.755×10^{-3} SI (due to the magnetic mineralogy being dominated by magnetite). However, the value of P and T inside the pluton varies significantly with the igneous facies. The arrangement of the lithologies, the structural orientation of the ASM, and the values of P and T provide a zoned pattern with lineations dipping towards the core of the pluton, which is shifted to the east. We suggest several intrusive pulses of cogenetic magmas formed the pluton, respecting a structural control imposed by the nesting rocks, providing the features of magma mixture. The data suggest that the emplacement was controlled by buoyancy forces of the magma, which overshadowed the local tectonic stress, as observed in other post-orogenic or anorogenic intrusions.

Keywords: Araçuaí orogen, magnetic fabric, anisotropy of magnetic susceptibility.

RESUMO

Um estudo de fábrica magnética foi realizado no pluton Conceição de Muqui, estado do Espírito Santo (Brasil) – uma intrusão pós-orogênica elíptica, localizada na porção sudeste do orógeno Neoproterozóico Araçuaí. O objetivo desse estudo é contribuir para o entendimento dos mecanismos de alojamento e deformação dessas intrusões ígneas pós-colisionais. O trabalho envolveu atividade de campo, análises petrográficas, geração e interpretação de dados de ASM e identificação de mineralogia magnética (por curvas termomagnéticas). Localmente, a mistura física (mingling) e química (mixing) de magmas mascaram as relações de contatos internos entre as fácies magmáticas. As rochas encaixantes apresentam baixos valores de susceptibilidade magnética (K_m), e elipsoides oblato com baixo grau de anisotropia (P), comparado com as rochas do pluton, que apresentam altos valores de K_m , com média de 37.755×10^{-3} SI (devido à mineralogia magnética ser dominada por magnetita). Entretanto, os valores de P e T dentro do pluton variam significativamente com as fácies ígneas. O arranjo das litologias, a orientação estrutural da ASM, e os valores de P e T provêm um padrão zonado com lineações mergulhando em direção ao centro do pluton, que é deslocado para leste. Nós sugerimos que o pluton foi formado por inúmeros pulsos de magmas cogenéticos, respeitando o controle estrutural imposto pelas rochas encaixantes, provendo as características de mistura de magmas. O dado sugere que o alojamento foi controlado por forças de fluabilidade do magma, que ofuscou o estresse tectônico local, como observado em outras intrusões anorogênicas pós-colisionais.

Palavras Chave: Orógeno Araçuaí, fabrica magnética, anisotropia de susceptibilidade magnética.



1. Introdução

O orógeno Araçuaí foi formado durante o Ciclo Brasileiro (Alkmim *et al.*, 2007; Pedrosa-Soares *et al.*, 2001) e junto a outros cinturões orogênicos constituem a Província Mantiqueira. Ele é marcado por intensa atividade magmática, compreendendo as supersuítas ígneas (Pedrosa-Soares & Wiedemann-Leonardos, 2000): pré-colisional (supersuite G1, 630 a 580 Ma), sincolisional (Supersuite G2, 580 a 560 Ma), colisional tardio (supersuite G3, 560 a 530 Ma) e pós-colisional (Supersuite G4, 530 a 500 Ma, e supersuite G5, 520 a 490 Ma). O Maciço intrusivo Conceição de Muqui (MICM) é um corpo ígneo intrusivo representante da última etapa de granitogênese da Faixa Araçuaí (supersuite G5). Segundo Pedrosa-Soares e Wiedemann Leonardos (2000) este evento é relacionado ao colapso extensional do orógeno Araçuaí. Trata-se de um plúton zonado que ascendeu à superfície em meio a rochas paraderivadas do Complexo Paraíba do Sul. De acordo com Murad (1992), o maciço cristalizou em um ambiente extremamente dinâmico, gerando interdigitação e mistura das fácies ígneas, sendo possível separá-lo em cinco unidades, conhecidas como Zona Mista A, Zona Mista B, Rochas Monzoníticas, Rochas Graníticas e Granitos Pós-intrusão. Embora conte com uma boa descrição de fácies, há uma carência de dados estruturais e geocronológicos para o MICM. Este trabalho tem como objetivo contribuir com a geração de novos dados estruturais através de Anisotropia de Susceptibilidade Magnética (ASM) e integrá-los aos dados geológicos de Murad (1992). Com isso, pretende-se elaborar um modelo de alojamento para o MICM e compará-lo com outras intrusões pós-orogênicas ou anorogênicas descritas na literatura.

2. Materiais e métodos

Amostras orientadas foram extraídas de 33 sítios em uma malha de aproximadamente 1 a 2 km. Entre cinco e sete amostras de aproximadamente 8 cm de comprimento e 2.5 cm de diâmetro foram coletadas de cada sítio utilizando uma perfuratriz portátil, movida a gasolina. As amostras foram orientadas em campo com bússola magnética e solar (quando possível). Em laboratório, cada amostra foi serrada em espécimes de aproximadamente 2.2 cm. Todas as medidas foram adquiridas no laboratório de Paleomagnetismo na Universidade de São Paulo (USPmag).

Para obter significado geológico para ASM e determinar a contribuição de minerais específicos para a susceptibilidade magnética, foi realizada uma investigação da mineralogia magnética através de curvas termomagnéticas. Estas curvas foram realizadas com auxílio do forno CS-3 acoplado ao instrumento KLY-4S (Kappabridge) fabricado pela Agico e pertencente ao USPmag. O Kappabridge também dispõe de um sistema que permite realizar medidas em atmosfera de Argônio que ajuda a evitar que ocorram processos de oxidação dos minerais presentes na rocha durante o ciclo de aquecimento-resfriamento. A ASM foi medida com o Kappabridge MFK 1A (Agico). A análise estatística dos dados de anisotropia magnética em sítios individuais foi feita utilizando o método de Jelínek (1978), implementado no pacote ANISOFT (Hrouda *et al.*, 1990). A partir dos dados em espécimes obtém-se a orientação e a magnitude dos três eixos principais do elipsoide de suscetibilidade magnética ($K_1 \geq K_2 \geq K_3$) para cada sítio. A lineação magnética é atribuída ao eixo K_1 e o polo da foliação magnética (plano K_1 - K_2) ao eixo K_3 .

3. Resultados

As curvas termomagnéticas (Figura 1) confirmam a magnetita como principal mineral magnético para todas as amostras da intrusão (CM14, CM15, CM26 e CM33). Este fato evidencia o caráter ferromagnético do MICM. Para estas amostras, o gráfico mostra clara transição de Verwey a -153°C e forte queda da susceptibilidade magnética perto de 580°C , caracterizando a temperatura de Curie da magnetita. Para as amostras das rochas encaixantes (CM05, CM19 e CM38), o comportamento paramagnético predomina, com pouca contribuição ferromagnética e curvas irreversíveis.

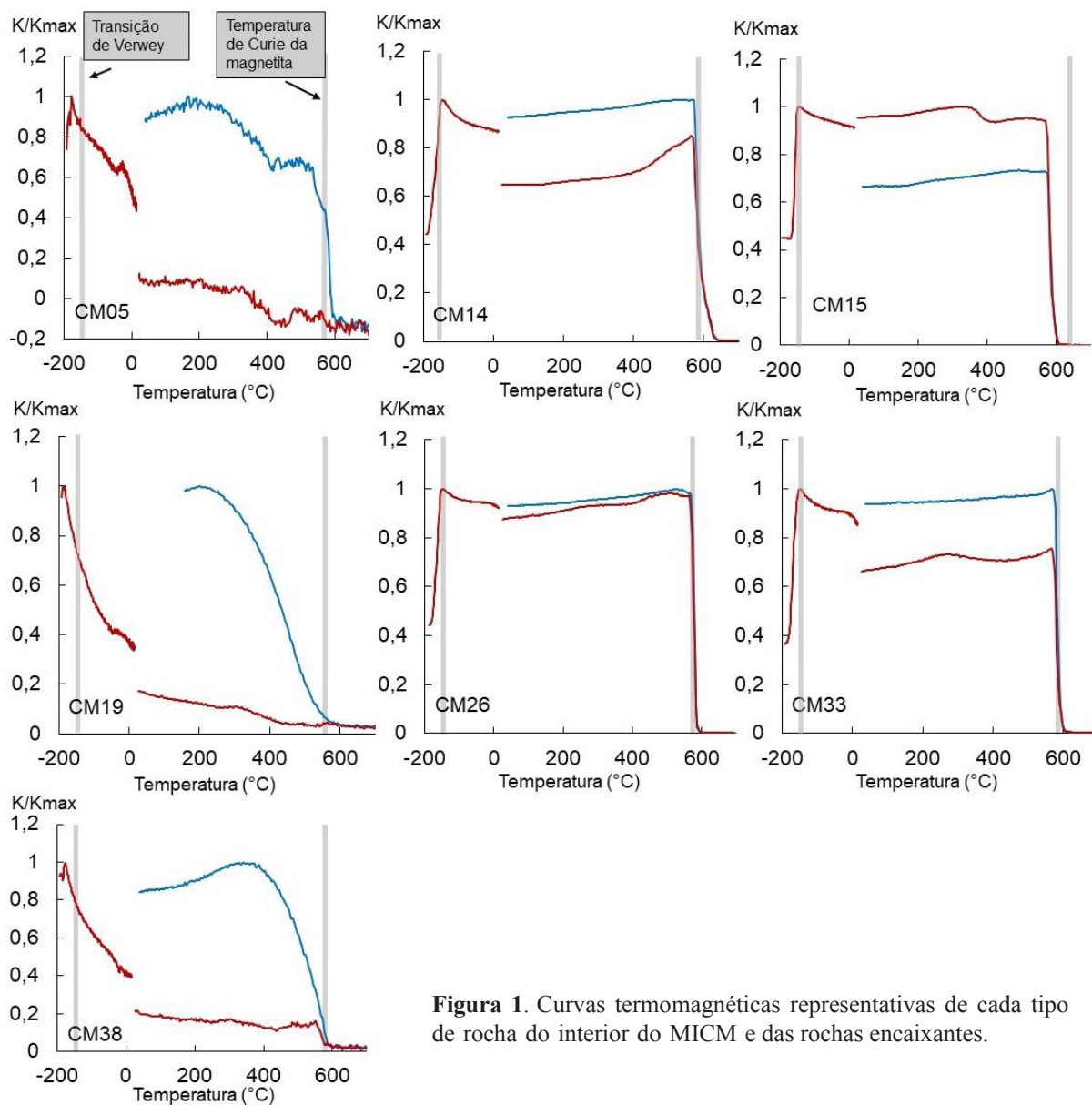
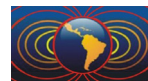


Figura 1. Curvas termomagnéticas representativas de cada tipo de rocha do interior do MICM e das rochas encaixantes.

Os mapas de lineação (Figura 2a) e foliação (Figura 2b) magnética foram gerados após eliminação dos sítios com dados dispersos e com erros superiores a 26° (cf. Jelínek, 1978), para se obter uma trama confiável. As foliações e lineações magnéticas da borda do MICM mostram um padrão concêntrico bem definido. Elas possuem um mergulho entre 31° e 60° e seguem os limites do maciço, apresentam-se paralelas (ou com baixo ângulo de obliquidade) à encaixante. Na parte centro-leste do maciço as foliações e lineações se tornam mais horizontais, com inclinações entre 1° e 30°, também possuem padrão concêntrico e apontam para o interior do corpo.

Os elipsoides de ASM apresentam pouca variação de forma no interior do corpo, sendo predominantemente oblato, tendendo a esférico para o interior do maciço. O grau de anisotropia (P) no MICM é bem variado chegando a 1.562 no seu interior, sendo as Rochas Monzoníticas aquelas que possuem os valores mais elevados. Para o restante das unidades do MICM os valores estão dispersos com médias similares, a maioria em torno de 1.20. É interessante notar a forte correlação entre o grau de anisotropia e a forma do

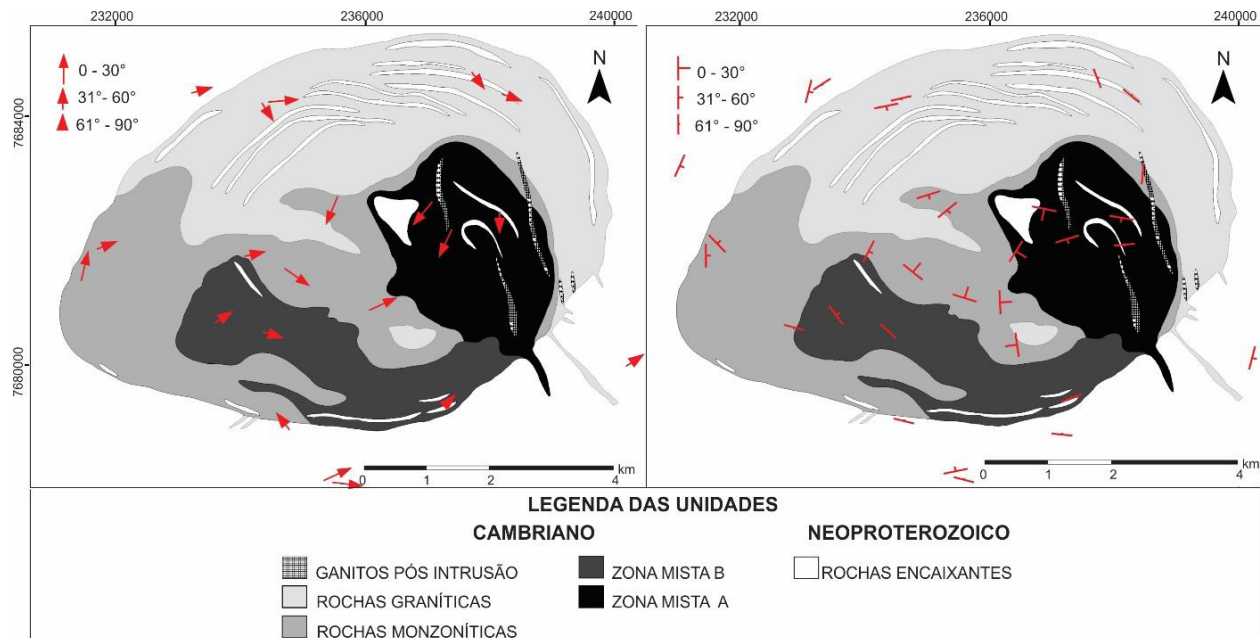


Figura 2. Mapa de lineação e foliação magnética e mapa geológico do Maciço intrusivo Conceição de Muqui (modificado de Murad, 199).

corpo, os valores de P sendo geralmente mais elevados nas bordas do maciço. As lineações mais inclinadas na borda e os maiores graus de anisotropia no mesmo setor indicam uma maior deformação do corpo de magma junto às encaixantes. Isto pode estar associado a diversos processos, incluindo efeitos de arrasto no contato com a encaixante (onde os contrastes de viscosidade são mais elevados) durante e depois do alojamento e deformação das bordas associada ao inflamento da intrusão no sítio de alojamento (ballooning),

A partir dos dados geológicos e estruturais (ASM), o seguinte modelo de alojamento foi proposto (Figura 3): (1) inicia-se com o primeiro pulso magmático, intrudindo a crosta de leste para oeste, o que imprime uma assimetria do corpo ígneo. O fluxo magmático nesta fase sofre bastante resistência das rochas encaixantes, isto faz com que as foliações e lineações sejam paralelas aos limites do corpo, logo, as bordas apresentam um mergulho da foliação magnética maior do que no interior do maciço; (2) chegada de outro pulso de composição mais básica que deu origem às rochas da unidade Rochas Monzoníticas, relacionada à segunda fase de intrusão. Essa unidade apresenta uma foliação e lineação magnética de baixo ângulo por estar mais distante da rocha encaixante. (3) A terceira fase é configurada pela intrusão de um magma de composição ainda mais básica que as anteriores, relacionado às rochas mais máficas das Zonas Mistas. Por ser o último pulso, ocorre no centro do plúton, onde são mais evidentes as feições de mistura; (4) por fim, as litologias são expostas no atual nível de erosão (Figura 3d).

4. Conclusões

A mineralogia magnética do MICM é constituída predominantemente por magnetita. Em contrapartida, o comportamento das curvas termomagnéticas indica a predominância de minerais paramagnéticos nas rochas encaixantes. A disposição das estruturas obtidas por ASM mostrou padrão essencialmente concêntrico e permitiu verificar que essas contornam o corpo ígneo, com o núcleo das zonas deslocado para ESE. O sentido do mergulho das lineações também apresenta tendência geral para leste. Com isso, sugerimos que a intrusão ocorreu oblíqua à superfície atual, no sentido leste para oeste, concordando com a foliação da rocha encaixante. Portanto, o arranjo da foliação da encaixante na borda do plúton, que é concordante com

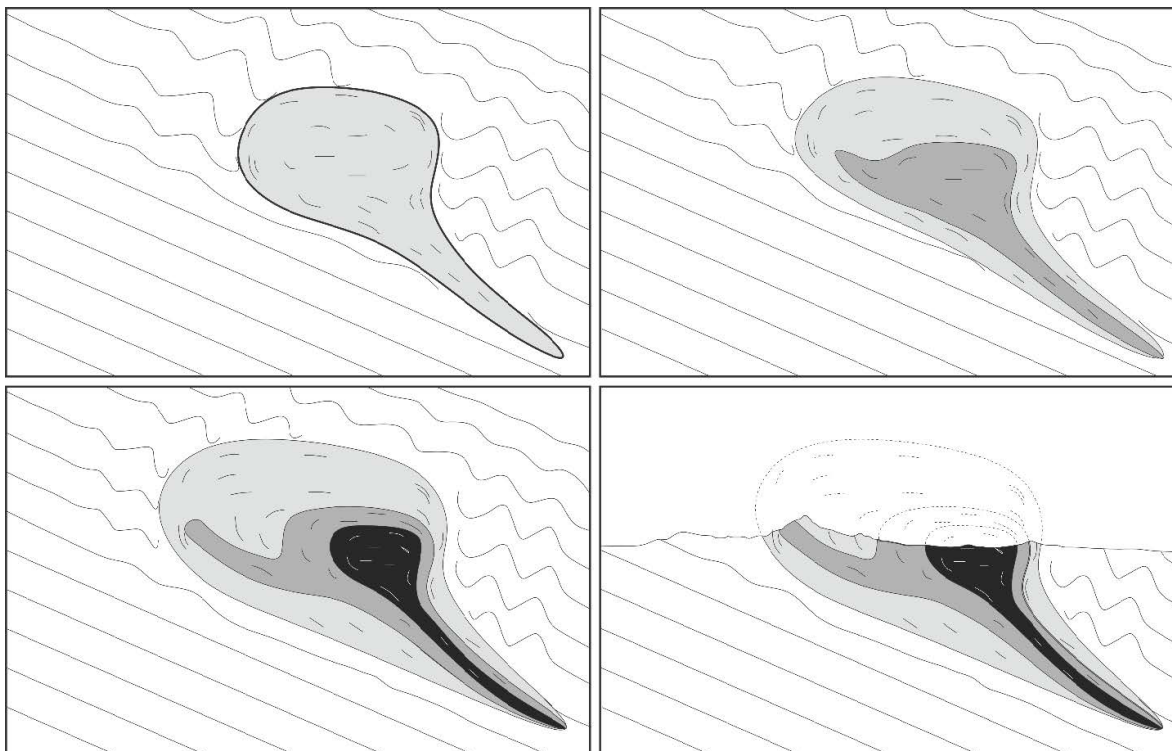
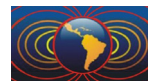


Figura 3. Evolução do alojamento do Maciço Intrusivo Conceição de Muqui. **(a)** Primeira fase: Intrusão de magma de composição granítica. **(b)** Segunda fase: Pulso de composição monzonítica. **(c)** Terceira fase: Pulso de composição diorítica. **(d)** Quarta fase: Erosão aos níveis atuais.

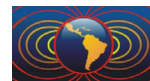
o interior do MICM, sugere que a colocação foi controlada pelas forças de fluabilidade do magma, que se superpuseram ao estresse tectônico (sempre presente, mesmo distante das cadeias de montanhas). Essas evidências indicam que o plúton configura uma intrusão associada ao último estágio de granitogênese do orógeno quente de Araçuaí. Pretende-se obter dados de geocronologia do pluton para integrar aos dados expostos neste trabalho e estabelecer a relação cronológica da colocação do corpo granítico e a evolução do orógeno Araçuaí.

Agradecimentos

Os autores gostariam de expressar sua gratidão ao Laboratório de Paleomagnetismo da Universidade de São Paulo (USPmag), pela infraestrutura e colaborações durante a realização do trabalho. Este trabalho foi financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP, #2016/06114-6).

Referências

- Alkmim, F. F. *et al.*, 2007. Sobre a evolução tectônica do orógeno Araçuaí-Congo Ocidental. *Geonomos* 15, 1, 25-43.
- Hrouda, F., 1982. Magnetic anisotropy of rocks and its application in geology and geophysics. *Geophysical surveys* 5, 1, 37-82.
- Jelinek, V., 1981. Characterization of the magnetic fabric of rocks. *Tectonophysics*, 79, 3-4, T63-T67.
- Murad A. 1992. Geologia, Petrologia e Geoquímica (elementos maiores, menores e alguns traços) do Maciço Intrusivo de Conceição de Muqui – ES. Universidade Federal do Rio de Janeiro, M.Sc. thesis, 172.



- Pedrosa-Soares, A.C., Wiedemann-Leonardos, C. M., 2000. Evolution of the Araçuaí Belt and its connection to the Ribeira Belt, Eastern Brazil. *Tectonic Evolution of South America* 31, 265-310.
- Pedrosa-Soares, A.C., Nocea, C.M., Wiedemann, C.M., Pinto, C.P., 2001. The Araçuaí-West-Congo Orogen in Brazil: an overview of a confined orogen formed during Gondwanaland assembly. *Precambrian research* 110, 1-4, 307-323.
- De Campos C.M., Medeiros, S. R., Mendes J.C., Pedrosa-Soares, A. C., Dussin, I., Ludka, I. P., Dantas, E. L. 2016. Cambro-Ordovician magmatism in the Araçuaí Belt (SE Brazil): Snapshots from a post-collisional event. *Journal of South American Earth Sciences* 68, 248-268.