



ANÁLISE CINEMÁTICA E DE VORTICIDADE DE ZONAS DE CISALHAMENTOS DO COMPLEXO COSTEIRO, ORÓGENO RIBEIRA CENTRAL, NA REGIÃO DE SÃO SEBASTIÃO, SP

Palavras-Chave: Ciclo Brasileiro, Orogênese, Cisalhamento Puro, Cisalhamento

Simples, Deformação

Autores(as):

Paulo Alves de Melo Neto, DGRN – IG

Prof. Dr. Vinícius Tieppo Meira (orientador), DGRN - IG

INTRODUÇÃO:

O Complexo Costeiro é considerado uma unidade heterogênea, composto por rochas que foram submetidas a um metamorfismo em fácies anfibolito superior a granulito durante o Ciclo Brasileiro com estruturação definida por zonas de cisalhamento de orientação geral NE-SW. De um modo geral, são encontradas rochas migmatíticas, calciossilicáticas, boudins de anfibolitos, ortognaisses, leucogranitos com granada e hornblenda-biotita granitos (Meira, 2014).

Estudos recentes sugerem que a cinemática do sistema de zonas de cisalhamento nessa região não é compatível com o modelo de um sistema transpressivo dextral (flor positiva dextral - Karniol, 2000), comum ao orógeno, e sustenta hipóteses ligadas à deformação em domos gnaissicos controlados por esforços gravitacionais (Souza & Meira, 2021).

O objetivo deste projeto é avaliar e testar as hipóteses de evolução deformacional do sistema de zonas de cisalhamento na região de São Sebastião, litoral norte do estado de São Paulo (Figura 2). Para alcançar esse objetivo, foi realizado um mapeamento de detalhe dos costões de São Sebastião (SP), com ênfase no detalhamento das estruturas deformacionais e cinemática. Análise de vorticidade nas escalas meso e microscópicas foram realizadas com o intuito de espacializar ao longo do sistema de zonas de cisalhamento a contribuição de cisalhamento puro e simples durante a evolução deformacional da área.

METODOLOGIA:

Em relação à teoria, métodos e aplicações de análise de vorticidade em zonas de cisalhamento, foram revisados principalmente os trabalhos de Passchier (1998), que inclui a discussão sobre as primeiras aplicações da técnica, Jessup et. al. (2007) que desenvolve o método *Rigid Grain Net* e

Xypolias (2010) que apresenta uma revisão sobre a teoria, técnicas de aplicação e problemáticas associadas à análise de vorticidade. Na segunda parte da revisão bibliográfica foram revisados estudos sobre a geologia regional com foco na evolução estrutural do Complexo Costeiro (Almeida et al., 1981; Tassinari & Campos Neto, 1988; Meira, 2014) e sobre a evolução geológica e modelos tectônicos propostos para o Orógeno Ribeira (Campos Neto & Figueiredo, 1995; Heilbron & Machado, 2003; Almeida et al., 2010; Meira, 2014; Meira, 2015; Meira et al., 2019a; Meira et al., 2019b).

Durante a etapa de campo desenvolvida foram descritos onze pontos (RO-01 ao RO-11) nos costões rochosos, entre as praias de Pitangueiras e Barra do Sahy, onde foram descritos a organização geral das rochas, mineralogia e estruturas associadas. Foram coletadas cinco amostras orientadas (RO-01A e B, RO-02, RO-08, RO-09), que foram laminadas paralelamente ao plano X-Z para serem submetidas à análise de vorticidade pelo método *RGN* e descrição de microestruturas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO:

Durante a etapa de campo desenvolvida foram descritos onze pontos RO-01 ao RO-11 (Fig.1) nos costões rochosos, entre as praias de Pitangueiras e Barra do Sahy, onde foram observados sigmóides, dobras assimétricas e pares S-C que indicam uma componente deformacional sinistral na praia de Camburi e uma componente dextral nas rochas aflorantes da barra do Sahy, praia da baleia e nas praias a leste de mareasias.

Mapa de Pontos

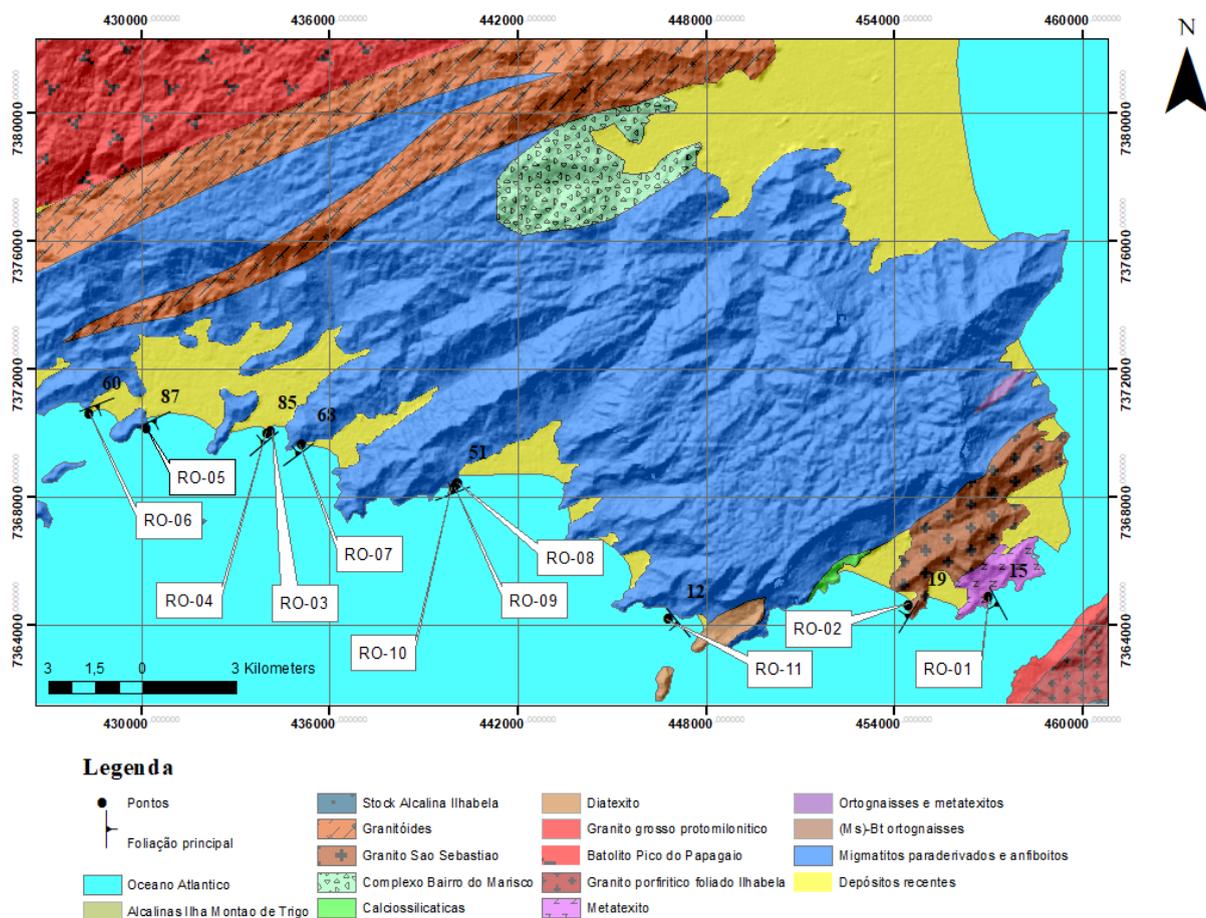


Figura 1: Mapa de pontos na região de São Sebastião.

As lâminas descritas (RO-01, RO-02, RO-08 e RO-09) apresentam assembleia mineral composta por quartzo, biotita, plagioclásio para todas as amostras, sendo a amostra RO-02 diferenciada por uma maior presença do plagioclásio e frequentes cristais de granada, e apresentando mecanismos de cristalização estática evidenciados pela recuperação tardia do quartzo. As amostras RO-01 (Fig. 2) e

RO-09 apresentam *quartz ribbons* e grãos de biotita orientados definindo a foliação principal e por vezes formando pares S-C discretos e sigmóides do tipo sigma, com raros casos de indicadores cinemáticos do tipo delta, indicando movimento de topo para SSE e E. A Amostra RO-08 apresenta mecanismos de cristalização com maior afinidade aos padrões de cristalização ígneos. Em suma, as amostras analisadas apresentam indicação de predomínio de componente de cisalhamento puro em detrimento ao cisalhamento simples.

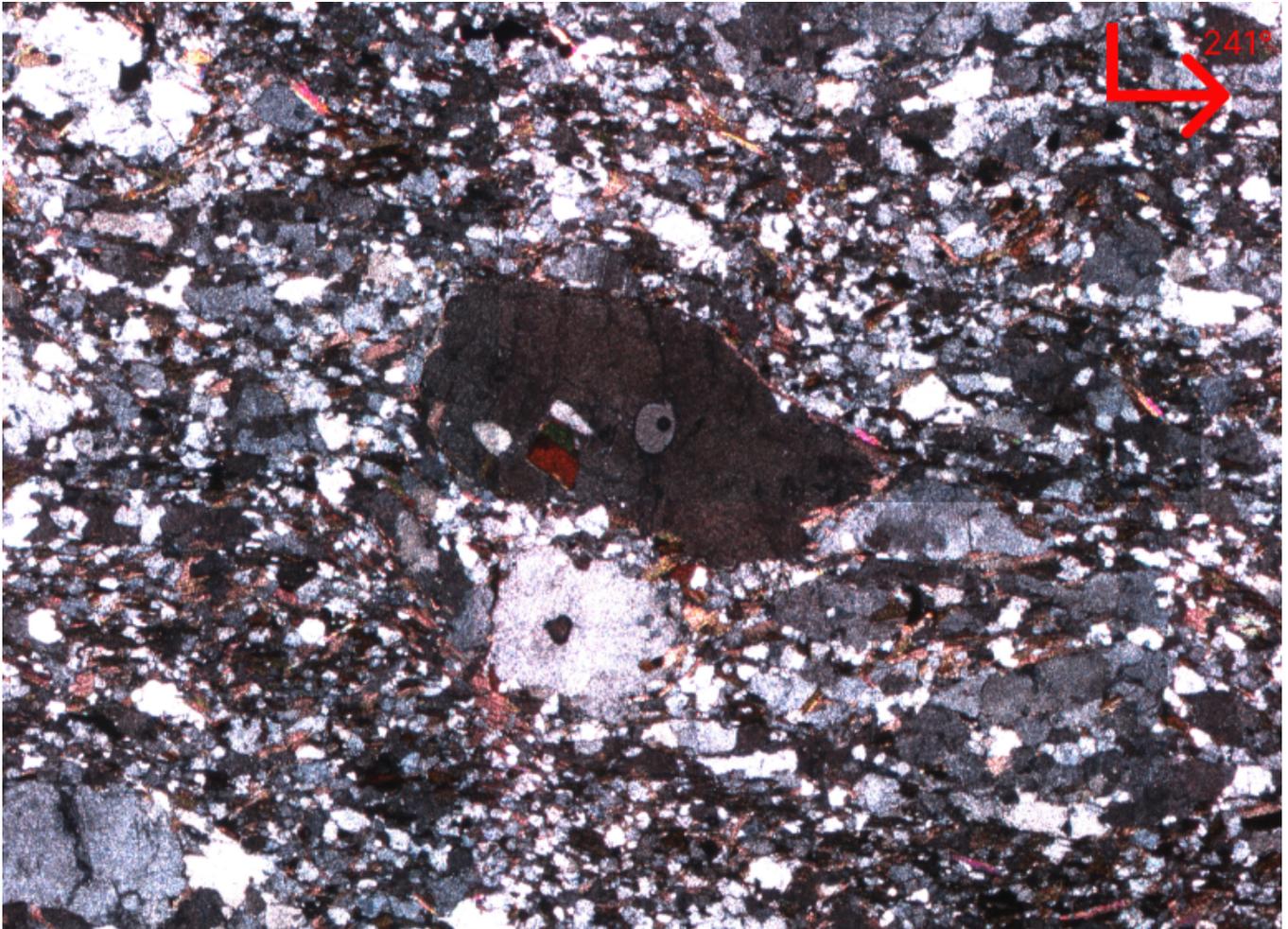


Figura 2: Porfiroclasto de plagioclásio formando um sigmoide do tipo sigma, em matriz de quartzo e biotita na lâmina da amostra RO-01A, indicando movimento de topo para SW. **Qtz**: Cristais xenoblásticos, apresentam contato suturado, lobado e reto, em algumas partes. Há agregados de cristais de quartzo que se estendem pela lâmina toda (*ribbons*). **Pl**: Cristais xenoblásticos contendo contato lobado entre os cristais de qtz e reto entre os cristais de bt. **Bt**: Cristais idioblastos subdibáticos, contato reto e lobado em partes mais deformadas; contém pleocroísmo forte. As relações de contato entre os cristais de bt + qtz determinam a foliação principal da lâmina.

A condução da análise de vorticidade pela definição dos porfiroclastos de plagioclásio possui complicações devido a influência e interferência de porfiroclastos próximos no processo deformacional e, por tanto na rotação desses grãos. Adicionalmente, os mecanismos de cristalização estática dificultam a análise microestrutural destas porções pois alteram as feições de cristalização dinâmica ocorrida durante a deformação das rochas.

CONCLUSÕES:

A deformação observada nas amostras e em campo corroboram a um modelo de formação do complexo costeiro com a evolução de domos migmatíticos, tendo uma componente de cisalhamento puro e simples integradas com um predomínio da componente de cisalhamento puro. A aplicação da análise de vorticidade em porfiroclastos rígidos possui problemáticas associadas à aplicação de um

modelo físico teórico em situações com alta heterogeneidade, sendo uma técnica que parte de diversas premissas para sua aplicabilidade com alta acurácia.

BIBLIOGRAFIA

- ALMEIDA, F. F. M.; HASUI, Y.; de BRITO NEVES, B. B.; FUCK, R. A. (1981). Brazilian structural provinces: An introduction. *Earth-Science Reviews*, 17(1-2), 1–29, 1981.
- ALMEIDA, F. F. M.; HASUI, Y., 1984. *O Pré-Cambriano do Brasil*, São Paulo, Edgard Blücher, 378 p.
- FALEIROS, F. M.; MORAES, R.; PAVAN, M.; Campanha, G. A. C. 2016. **A new empirical calibration of the quartz c-axis fabric opening-angle deformation thermometer**. *Tectonophysics*, 671, 173–182.
- HASUI, Y.; CARNEIRO, C. D. R.; COIMBRA, A. M.; 1975. **The Ribeira Folded Belt**. *Revista Brasileira de Geociências*, Vol. 5, No. 4, pp. 257-266.
- HASUI, Y. 2012. **Sistema Orogênico Mantiqueira**. In: HASUI, Y.; CARNEIRO, C. D. R.; ALMEIDA, F. F. M.; BARTORELLI, A. (Coords.) *Geologia do Brasil*. São Paulo, Beca, p. 331-372.
- HEILBRON, M.; MACHADO, N. (2003). **Timing of terrane accretion in the Neoproterozoic–Eopaleozoic Ribeira orogen (se Brazil)**. *Precambrian Research*, 125(1-2), 87–112.
- HEILBRON, M.; VALERIANO, C. M.; TASSINARI, C. C. G.; ALMEIDA, J.; TUPINAMBÁ, M.; SIGA, O.; TROUW, R. (2008). **Correlation of Neoproterozoic terranes between the Ribeira Belt, SE Brazil and its African counterpart: comparative tectonic evolution and open questions**. *Geological Society, London, Special Publications*, 294(1), 211–237.
- KARNIOL, T. R. **Análise geométrica e cinemática de um segmento do Complexo Costeiro na região de São Sebastião/SP**. Instituto de Geociências - Universidade Estadual de São Paulo. São Paulo, p. 127. 2000.
- JESSUP, M. J.; LAW, R. D.; FRASSI, C. 2007. **The rigid grain net (RGN): an alternative method for estimating mean kinematic vorticity number (Wm)**. *Journal of Structural Geology*, Amsterdam, v. 29, p. 411-421. *Análise de Vorticidade*
- LAW R.D.; SEARLE, M.P.; SIMPSON, R.L. 2004. **Strain, deformation temperatures and vorticity of flow at the top of Greater Himalayan Slab, Everest Massif, Tibet**. *The Journal of the Geological Society, London* 161, 305–320.
- MEIRA, V. T. **Evolução Tectono-metamórfica neoproterozoica dos Complexos Embu e Costeiro no contexto de formação do Gondwana ocidental (Leste do Estado de São Paulo)**. Tese de Doutorado. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014..
- MEIRA, V. T.; GARCÍA-CASCO, A.; JULIANI, C.; ALMEIDA, R. P.; SCHORSCHER, J. H. D. (2015). **The role of intracontinental deformation in supercontinent assembly: insights from the Ribeira Belt, Southeastern Brazil (Neoproterozoic West Gondwana)**. *Terra Nova*, 27(3), 206–217. PASSCHIER, C. W.; TROUW, R. A. J. *Microtectonics*. 2nd ed. Berlim: Springer, 2005.
- SCHMITT, R. S.; TROUW, R. A. J.; VAN SCHMUS, W. R.; PIMENTEL, M. M. (2004). **Late amalgamation in the central part of West Gondwana: new geochronological data and the characterization of a Cambrian collisional orogeny in the Ribeira Belt (SE Brazil)**. *Precambrian Research*, 133(1-2), 29–61.
- SOUZA, M. C.; MEIRA, V. T. (2021). **Análise estrutural e cinemática das rochas metamórficas de alto grau do Complexo Costeiro, litoral norte do estado de São Paulo**. In: TOLEDO, C.; MA, J. B. C.; BARBOSA, P. *Contribuições à ciência e técnica dos (as) jovens geólogos (as) brasileiros (as)*. 1a ed, 79-90.
- TASSINARI, C. C. G.; CAMPOS NETO, M. C., 1988. **Precambrian continental crust evolution of southeastern São Paulo State-Brazil: based on isotopic evidences**. *Geochimica Brasiliensis*, v. 2, n. 2, p. 175-183.
- TROUW, R. A. J.; HEILBRON, M.; RIBEIRO, A.; PACIULLO, F. V. P.; VALERIANO, C. M.; ALMEIDA, J. C. H.; TUPINAMBÁ, M.; ANDREIS, R. R.; 2000. **The central segment of the Ribeira Belt**. In: Cordani, U.G., Milani, E. J., Thomaz Filho, A., Campos, D. A. (Eds). *Tectonic Evolution of South America*, 287-310
- XYPOLIAS, P. **Vorticity analysis in shear zones: a review of methods and applications**. *Journal of Structural Geology*, Amsterdam, v. 32, n. 12, p. 2072-2092, 2010.