

Relações entre fusão parcial e deformação em zonas de cisalhamento litosféricas: exemplos do Nordeste do Brasil

Luís Gustavo F. Viegas^{1,2}, Carlos J. Archanjo¹, Alain Vauchez², Maria H. B. M. Hollanda¹

1 – Instituto de Geociências, USP, Rua do Lago 562, 05508-080, São Paulo, Brasil. lgviegas@usp.br

2 – Géosciences Montpellier, Place E. Bataillon 34095, Montpellier Cedex 5, França.

Introdução

As relações estruturais entre magmatismo e zonas de cisalhamento tem sido alvo de estudos há mais de três décadas (revisão em [Brown 2007](#)). Em diversos orógenos, um contexto de *feedback* é observado entre magmas e falhas crustais, onde o calor advindo da fusão parcial contribui para localização da deformação de alta temperatura, enquanto que descontinuidades regionais podem servir de conduto para migração de magmas ao longo da crosta ([Neves et al. 1996](#)). Na Província Borborema, o sistema de cisalhamento Patos-Seridó constitui uma de suas estruturas mais expressivas e está associado com metamorfismo de alta temperatura/baixa pressão e fusão parcial ([Corrêa et al. 1991](#)). Embora deformado sob um regime transpressivo dextral, as relações tectônicas e cronológicas entre milonitos e migmatitos são pouco conhecidas e dificultadas pela geometria complexa dos leucossomas observada em campo. Este trabalho reúne os principais resultados obtido por meio das técnicas de Anisotropia de Suscetibilidade e Remanência Magnéticas (ASM – ARA) e difração de elétrons retroespelhados no microscópio eletrônico de varredura (MEV-EBSD), aplicadas ao estudo das características estruturais dos migmatitos alojados no interior do sistema de cisalhamento. Além disso, sua evolução temporal é discutida com base em dados isotópicos U-Pb em zircão (SHRIMP). A integração dessas informações fornece subsídios que auxiliam no entendimento do comportamento mecânico da crosta intermediária parcialmente fundida.

Petrologia estrutural dos migmatitos

As rochas parcialmente fundidas do sistema de cisalhamento Patos-Seridó ocorrem como corpos de migmatito em duas localidades principais: i) Na Faixa Seridó, na forma do domo anatático de Santa Luzia, e ii) no interior da zona de cisalhamento Patos, onde pode ser observado o anatectite Espinho Branco.

O diatextite de Santa Luzia consiste em um domo elíptico de cerca de 80 km² alongado na direção NE-SW. Compreende diatexitos, *schlieren*-nebulitos e leucogranitos texturalmente homogêneos em escala de afloramento, e deformados predominantemente no estado magmático. Diversos enclaves de ortognaisses do embasamento são assimilados e parcialmente “digeridos” pelo diatextite.

Os resultados de ASM indicam que o migmatito possui um comportamento ferromagnético, dominado por magnetita ($0.02 < k < 55.59 \times 10^{-3}$ SI). Valores baixos de k (0.5 mSI) ocorrem em 21%

dos sítios amostrados e estão associados com a presença de óxidos de ferro secundários (*e.g.* hematita), ocorrendo como inclusões em silicatos. Nestes sítios, medidas complementares de ARA exibem elipsoides magnéticos similares, confirmando o caráter ferromagnético. A trama magnética exibe uma orientação NE-SW bem definida, em concordância com o eixo principal de elongação do corpo migmatítico. Entretanto, os polos de k_3 (foliação magnética) não se organizam de acordo com a geometria dómica do corpo, sugerindo que a ASM registra os últimos incrementos deformacionais que afetaram o anatexito.

As idades geocronológicas foram obtidas em zircões extraídos de uma amostra de biotita-granito nebulítico proveniente da região central do domo de Santa Luzia. Os cristais são em geral euédricos com terminações bipiramidais, exibindo núcleos xenocrystalinos e espessas bordas intercrescidas de coloração escura (enriquecidas em U). Um total de dezesseis análises concentradas nos intercrescimentos periféricos enriquecidos em U forneceram uma razão $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ de 573.2 ± 3.4 Ma, enquanto que oito análises nos núcleos resultaram em um intercepto superior de 2203 ± 17 Ma. Estes dois grupos de idades plotam em uma curva discórdia com um intercepto inferior em 575.1 ± 3.4 Ma. Esta idade é interpretada como a idade da fusão parcial associada ao metamorfismo de alta-temperatura na região do Seridó (Archangelo et al. 2013).

O anatexito Espinho Branco aflora no interior da zona de cisalhamento Patos, consistindo em um corpo ligeiramente alongado na direção E-W com cerca de 25 km^2 . É composto principalmente por metatexitos estromáticos, *schlieren*-diatexitos e leucogranitos, os quais exibem leucossomas com geometrias complexas em escala de campo, por vezes dificultando a coleta de dados estruturais confiáveis. Entretanto, diversos indicadores cinemáticos dextrais podem ser observados a partir da interconectividade dos leucossomas em mesoscala, os quais podem ser coletados em zonas de cisalhamento sinmigmáticas de direção NNW-SSE e NE-SW; estas estruturas representam zonas de transferência de magma no interior da zona de cisalhamento.

A suscetibilidade magnética no anatexito Espinho Branco varia entre 2.00 e 128.22 mSI, com um valor médio de 7.9 mSI. Curvas termomagnéticas exibem uma transição de Verwey em $\sim -150^\circ\text{C}$ e uma queda na suscetibilidade em 590°C , enquanto que a inclinação íngreme inicial observada na curva de magnetização remanente isotermal (IRM), seguida de saturação da remanência após 200 mT, sugerem a presença de uma fração “leve” de baixa coercividade, caracterizada como magnetita pobre em Ti. Em espécimes com valores de $k < 1$ mSI, as curvas de IRM e termomagnéticas indicam a presença de fases de alta coercividade que não saturam em campos altos, sugerindo que os baixos valores de k podem ser devido à contribuição de hematita e silicatos na suscetibilidade da amostra. Com o objetivo de separar as diferentes contribuições magnéticas, medidas de ARA foram realizadas em sítios com alta, média e baixa suscetibilidade, e seus resultados comparados com a ASM. Os sítios com valores elevados de k (> 1 mSI) exibem elipsoides de ASM-ARA similares, porém o mesmo não é observado em amostras de baixa suscetibilidade; nestas, os dados de ASM apresentam orientações contrastantes e divergem do padrão geral observado na escala do corpo migmatítico, o qual é mantido na orientação dos elipsoides de ARA.

O padrão complexo e turbulento das estruturas magmáticas em mesoscala não é reproduzido na trama magnética, a qual mostra-se regular e bem-organizada ao longo de todo o corpo migmatítico. A lineação magnética exibe cimentos rasos principalmente para SW, enquanto que a foliação define uma guirlanda de direção NNW-SSE que rotaciona ao longo de um eixo de zona definido pela lineação magnética.

Orientações preferenciais cristalográficas (OPCs) foram medidas em cristais de biotita com o objetivo de comparar as tramas magnética e de campo. O eixo [001] correlaciona-se com o eixo k_3 da ASM na maioria das amostras de alta suscetibilidade, as quais também exibem compatibilidade entre os dados de anisotropia magnética e foliações mesoscópicas. Entretanto, em amostras com $k < 0.5$ mSI, onde os dados de ASM podem se mostrar dispersos e/ou desorganizados com respeito à orientação preferencial global da trama magnética, não se observam relações entre as tramas magnética, cristalográfica e de campo; a correlação limita-se ao eixo cristalográfico [001] paralelo à orientação de k_3 .

Zircões extraídos dos leucossomas e de uma amostra de leucogranito são em geral euédricos a subédricos, com cerca de 50 a 400 μm em diâmetro e sem inclusões. Os núcleos exibem zoneamentos oscilatórios e são bordejados por intercrescimentos luminescentes, os quais podem eventualmente migrar sobre os núcleos. As análises dos núcleos zonados e dos intercrescimentos mostram que os mesmos cristalizaram em diferentes intervalos de tempo. Nos leucossomas, dados obtidos nos núcleos alinham-se em uma discordia e fornecem interceptos superiores em 2195 ± 13 Ma e 2201 ± 12 Ma. Nos intercrescimentos de borda, idades médias de 558 ± 21 Ma, 552 ± 11 Ma e 562 ± 12 Ma foram obtidas em interceptos inferiores. No leucogranito, que estabelece contatos lobados a difusos com díatexitos, os núcleos zonados fornecem uma idade de intercepto superior de 2147 ± 47 Ma e inferior em 568 ± 10 Ma. Após remoção de zircões onde os intercrescimentos apresentavam altas razões Th/U, altos valores de ^{204}Pb e altos valores de U, os zircões restantes alinham-se em uma concordia que define uma idade média de 566 ± 5 Ma, a qual é considerada como idade de cristalização do leucogranito.

Discussão

Os dados estruturais e geocronológicos sugerem que a zona de fusão parcial observada no sistema de cisalhamento Patos-Seridó é sincinemática ao evento de alta temperatura/baixa pressão responsável pelo metamorfismo na região. O domo anatético de Santa Luzia e o anatectite Espinho Branco constituem uma zona de concentração da deformação onde as microestruturas desenvolvem-se principalmente no estado magmático.

O domo de Santa Luzia exibe uma trama magnética bem organizada e concordante à orientação regional da Faixa Seridó. A diferença entre as foliações de campo, que configuram uma geometria dómica, e a trama magnética marcada por foliações concordantes ao eixo de elongação do domo, refletem a sensibilidade da ASM aos incrementos finais da deformação que afetou o migmatito, possivelmente após o alojamento. Estes dados sugerem que o domo de Santa Luzia foi alojado e

deformado em um regime de fluxo viscoplástico, onde a trama interna reflete de forma consistente o padrão regional.

A idade de 575 Ma obtida nos leucossomas de Santa Luzia posiciona de forma precisa a fusão parcial no sistema de cisalhamento Patos-Seridó, a qual é corroborada pela idade média de 565 Ma obtida no anatexito Espinho Branco. Estes dados sugerem que a zona de fusão parcial é contínua ao longo do sistema e que os migmatitos de ambas as áreas estão associados ao evento de alta temperatura registrado no Seridó. Entretanto, embora deformados sob o mesmo regime de cisalhamento dextral, diferenças significativas são observadas na estrutura dos dois corpos.

A complexidade geométrica observada no anatexito Espinho Branco não é observada na orientação da trama magnética, a qual se mostra concordante ao campo deformacional da zona de cisalhamento Patos. Entretanto, as relações entre trama de campo e trama magnética não são diretas, especialmente em sítios onde as foliações de campo não são confiáveis e os valores de suscetibilidade são muito baixos. Nestes casos, o mapeamento da trama interna através da ASM pode levar a resultados não-conclusivos (Viegas et al. 2013). Estudos petroestruturais mostram que, nas amostras onde a geometria dos leucossomas é compatível com a trama mesoscópica e a suscetibilidade exibe valores elevados, a informação obtida através da ASM é confiável e reflete os mecanismos de fluxo magnético dos leucossomas. Em contrapartida, valores de suscetibilidade muito baixos (< 0.5 mSI) podem exibir orientações de ASM em contraste com a deformação regional, levando à interpretações equivocadas e/ou ambíguas. Nesses casos, investigações complementares englobando ARA e OPCs devem ser empregadas com o objetivo de detectar subtramas e avaliar o significado dos dados de ASM.

Referências

- Archango, C.J., Viegas, L.G., Hollanda, M.H.B.M., Souza, L.C., Liu, D., 2012. Timing of the HT/LP transpression in the Neoproterozoic Seridó Belt (Borborema Province, Brazil): Constraints from U-Pb (SHRIMP) geochronology and implications for the connections between NE Brazil and West Africa. *Gondwana Research* 23, 701-714, <http://dx.doi.org/10.1016/j.gr.2012.05.005>.
- Brown, M., 2007. Crustal melting and melt extraction, ascent and emplacement in orogens: mechanisms and consequences. *Journal of the Geological Society* 164, 709-730.
- Corsini, M., Vauchez, A., Archango, C. J., Jardim de Sá, E. F., 1991. Strain transfer at a continental scale from a transcurrent shear zone to a tranpressional fold belt: the Patos-Seridó belt system, northeastern Brazil. *Geology*, 19, 586-589.
- Neves, S.P., Vauchez, A., Archango, C.J., 1996. Shear-zone controlled magma emplacement or magma-assisted nucleation of shear zones? Insights from northeast Brazil. *Tectonophysics* 262, 349-365.
- Viegas, L.G.F., Archango, C., Vauchez, A., 2013. Fabrics of migmatites and the relationships between partial melting and deformation in high-grade tranpressional shear zones: the Espinho Branco anatexite (Borborema Province, NE Brazil). *Journal of Structural Geology* 48, 45-56, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jsg.2012.12.008>.