

Análise de Inclusões Minerais em Rochas de Ultra Alta Pressão do Domínio Ceará Central

Palavras-Chave: Domínio Ceará central, Metamorfismo de ultra-alta pressão, Petrografia, Agulhas de rutilo

Autores(as):

Daniel Galvim Rodrigues Mendes, IG – UNICAMP

Prof. Dr. Ticiano José Saraiva dos Santos (Orientador), IG – UNICAMP

INTRODUÇÃO:

A definição das condições de pressão e temperatura em ambientes colisionais são imprescindíveis para o entendimento da evolução de orógenos e áreas de paleossutura (Griffin 2008, Gilloti 2013, Schertl et al., 2013), desta maneira as rochas de ultra alta pressão (UHP) da orogenia do Gondwana Leste (WGO) são importantes alvos de estudo, uma vez que estas são uma das mais antigas evidências de subducção profundas na Terra (Santos et al., 2015, Gomes et al., 2023,).

Este estudo tem como objetivo caracterizar petrograficamente e identificar indícios do pico bórico das rochas do arco magmático de Santa Quitéria (SQCMA). Rochas estas das regiões de Forquilha e Irauçuba que bordejam respectivamente o oeste e leste do arco magmático de Santa Quitéria, na porção setentrional da Província de Borborema, no Domínio Ceará Central (Figura 1). A oeste do SQCMA localiza-se a Zona de Forquilha, que é controlada estruturalmente por zonas de cisalhamento cavalgantes (Ancelmi et al., 2013).

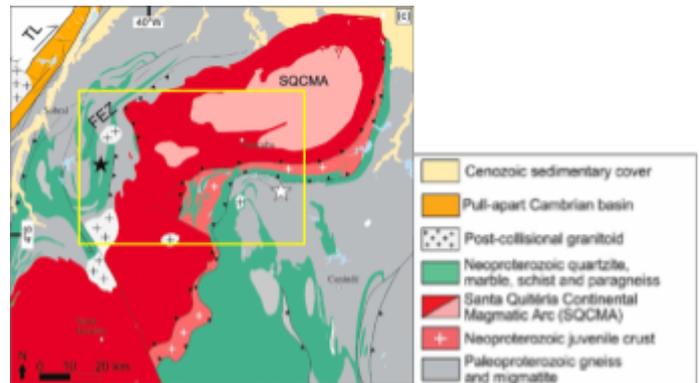


Fig 1. Mapa simplificado da região da área de estudo, adaptado de Gomes et al., (2023)

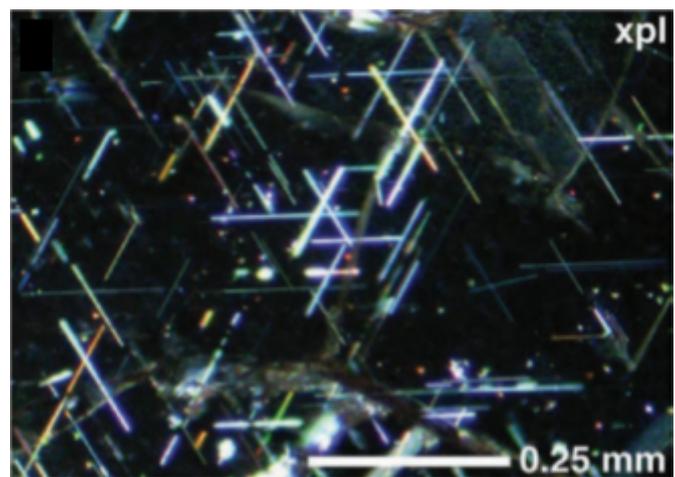


Fig 2. Agulhas de rutilo orientadas em granada, adaptado de Ague et al, (2012).

As lâminas descritas pertencem às rochas provenientes da Faixa Eclogítica de Forquilha (FEF) e, portanto, apresentam minerais índices de ultra alta pressão como a coesita e texturas de decompressão como a simplectita (Gomes et al., 2023, Amaral 2008, 2011). Outro fator que também é indicativo de UHP quando aliado a outros minerais índices são as agulhas orientadas de rutilo em granadas. Essas agulhas seriam precipitadas a partir do Ti da própria granada, após o mineral ser exposto a condições de pressão e temperatura extremas (coerente com os parâmetros de UHP das rochas metamórficas). Quando exumadas e resfriadas, criam uma textura de agulhas que se intersectam, sendo elas alongadas de maneira paralela à clivagem <111> na granada (Ague et al., 2012, Zhang et al., 2003) (Figura 2).

METODOLOGIA:

Os estudos petrográficos se dão por meio da microscopia óptica convencional, a análise óptica deve ser com objetivas de grande aumento uma vez que se busca identificar pequenas agulhas epitaxiais de rutilo incluídas em granadas. Após a seleção das lâminas que possuem as agulhas, estas serão levadas à espectroscopia Raman, no qual, por meio de uma melhor resolução e mapeamento do grão, será possível dar destaque e confirmar a inclusão de interesse (Lu et al., 2023).

A espectrofotometria Raman é uma técnica analítica utilizada para identificar moléculas e estudar suas estruturas através da dispersão da luz (Imperial, 2022). O método baseia-se no efeito Raman, onde a luz monocromática interage com as moléculas de uma área amostrada, resultando em um desvio de energia que proporciona informações sobre as vibrações moleculares (Santana 2008). Esse desvio é medido como uma mudança na frequência da luz dispersa, proporcionando um espectro único que serve como uma impressão digital molecular (Imperial, 2022).

Logo, com o registro da intensidade da luz em função da mudança de frequência, gerando um espectro Raman. Este espectro é posteriormente analisado para identificar os picos correspondentes às vibrações moleculares específicas (Santana 2008). A interpretação dos dados é realizada comparando-se o espectro obtido com bibliotecas de espectros Raman conhecidos, permitindo a identificação precisa dos componentes químicos presentes na amostra.

RESULTADOS E DISCUSSÃO:

Ao longo da pesquisa foram realizadas, além das revisões bibliográficas, a descrição petrográfica de 21 lâminas delgadas, sendo elas **TJF6 - 302**, TJF4 - 302D, TJF4 - 302K, TJF4 - 302MB, TJF4 - 302EN, TJF4 - 302M, TJF6 - 3 e ___-302, estas todas pertencem a um mesmo afloramento de retroeclogito na primeira porção da pesquisa. Em busca de um maior campo amostral, foram descritas

outras treze lâminas, sendo elas: 302 NI, AP9, **WT8 - 53E**, **ADEAT**, RM - 1070, **4194**, TJPAL, 77 - 53D, **RM - 18**, **WT7 - 25K**, TJF4 302 NI, WTB 12C, TJPAL_2.

A paragênese destes eclogitos, pode ser descrita com a seguinte frequência de fases minerais: **25% Cpx, 20% Grt, 20% Amp, 15% Bt, 10% Pl, 5% Qtz, 2% Rt e 2% Chl e 1% Dol** para as primeiras oito lâminas, e para as outras treze, há uma matriz simplectítica constituída por **quartzo (~20%), plagioclásio (~15%) feldspatos e álcali-feldspatos (~10%), diopsídio (~10%)**. Minerais acessórios como rutilo, ilmenita e alguns casos raros de apatita. São encontrados ainda **20% de porfiroblastos de granada e 25% de anfibólio, e em alguns casos, ±10 Clinopiroxênio**. Sendo então considerados como Clinopiroxênio - Granada Anfíbolitos e Granada Anfíbolitos.

Estas são descrições que representam as generalidades das lâminas, todas possuem suas nuances em sua assembleia mineral e estruturas metamórficas devido a um retrometamorfismo e intemperismo heterogêneo, como será exposto de maneira breve com uma descrição de algumas das mais lâminas e considerações de maior pertinência para a pesquisa.

TJF6-302 trata-se de um retroeclogito de granulação média com textura granoblástica suturada, composto majoritariamente por quartzo, granada, plagioclásio e anfibólio. Em menor quantidade ocorrem rutilos, ilmenitas de hábito esqueletal, microclínio e epidoto. A principal reação de retrometamorfismo é a cloritização com a passagem do anfibólio para a clorita. Em algumas partes da lâmina é perceptível veios/fraturas, as quais atingem o quartzo, e assim geram sua recristalização

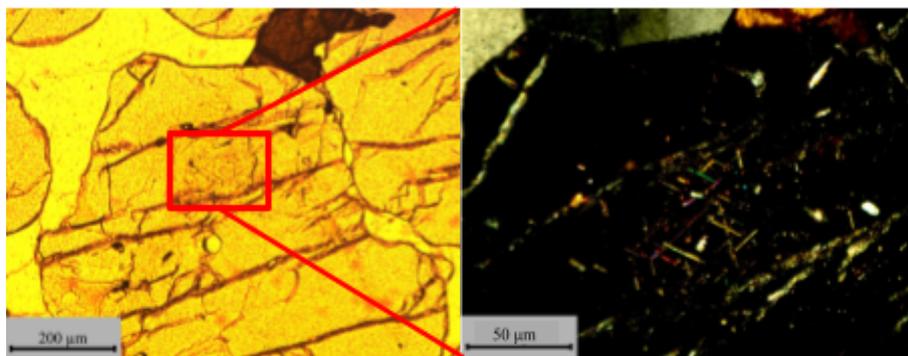


Fig 3. A) Prováveis agulhas de rutilo em granada (TJF6-302). B) Foto de detalhe das agulhas; (TJF6-302).

em menor granulação. Quando essas estruturas interceptam as granadas, estas se tornam muito mais fraturadas. Com base na descrição petrográfica, a lâmina **TJF6-302** é uma das lâminas mais promissoras para ocorrência de agulhas de rutilo (Figura 3). Para confirmação destas agulhas será utilizada espectroscopia Raman, e neste caso, o rutilo será detectado mesmo que sobre ele tenha uma fina cobertura de granada, sendo então um outro fator que auxilia na identificação de rochas de UHP.

As lâminas TJF4 - 302D, TJF4 - 302K são descritas como granada-anfíbolitos de granulação fina a média e aspecto maciço. As granadas xenoblásticas em TJF4 - 302K são poiquiloblásticas (~3 a 3,5

mm) e possuem inclusões não aciculares. Algumas lâminas apresentam textura nematoblástica. TJF4 - 302MB é uma rocha cálcio-silicática com anfibólio-granada-dolomita, apresentando coroa de alteração de plagioclásio e quartzo em granadas. TJF4 - 302EN e TJF4 - 302M são granulitos granoblásticos com granulação fina a média, com TJF4 - 302EN apresentando foliação gnáissica. TJF6-3 é um anfibolito com textura poiquiloblástica e nematoblástica. ___-302 é um anfibolito com textura simplectítica, apresentando pseudomorfos de onfacita e desestabilização de clinopiroxênio para anfibólio, além de quartzo e rutilo com crescimento de titanita, indicando passagem de fácies anfibolito superior para granulito.

Quanto às características petrográficas das outras treze lâminas, elas possuem assembléia mineral semelhante às outras oito, como já previamente apresentado. Mas não possuem mica biotita, nem material carbonático. Foram encontradas uma série de granadas com material

acicular e alta birrefringência, como representado pela prancheta de figuras 4, no qual possuem dimensões inferiores a 10 µm. Serão então as lâminas **WT8 - 53E, ADEAT, 4149, RM-18, WT7-25K** e **TJF6-302** a serem levadas para análise Raman, a fim de confirmar sua química.

Além das granadas com inclusões, é possível observar texturas de decompressão como a simplectítica, pseudomorfos minerais e uralitização (Figura 5), indicando assim fases de exumação e

retrometamorfismo (Juliani 2002) destas rochas de UHP por todas as lâminas.

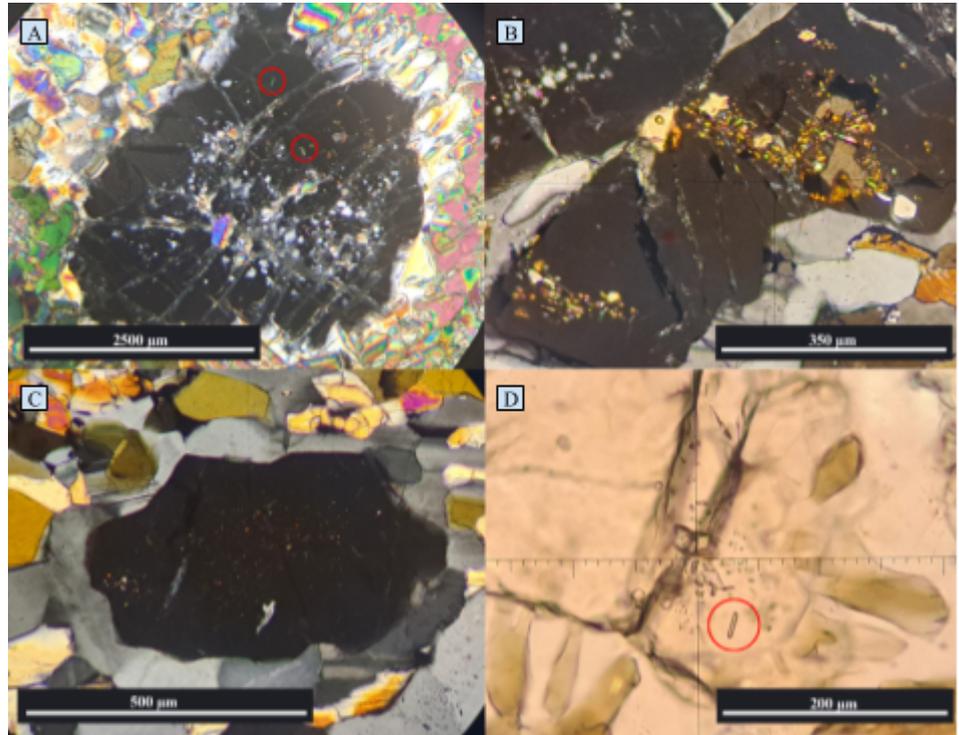


Figura 4. A) TJPAL_2 em objetiva de 4x, possíveis agulhas circuladas em vermelho em granada. B) RM-18 em objetiva de 20x com enxame de inclusões, possivelmente rutilos. C) WT7-25K em objetiva de 20x, com inclusões e coroa de alteração. D) Imagem de detalhe de uma possível agulha, RM-18 em objetiva de 20x.

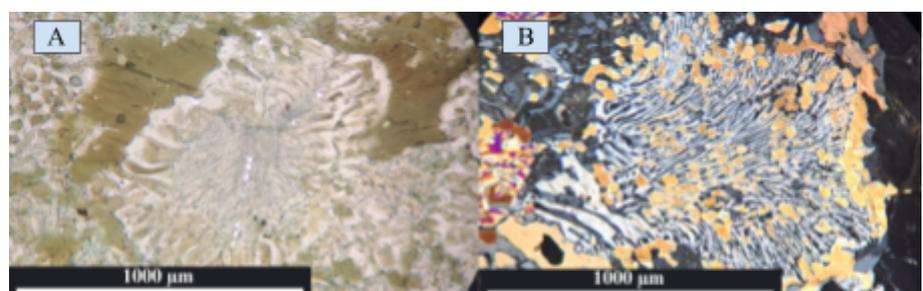


Figura 5. A) AP9 em objetiva de 10x - PPL, pseudomorfo de onfacita passando para anfibólio e simplectitos de quartzo e plagioclásio. B) AP9 em objetiva de 10x - PPX, foto de detalhe da textura simplectítica.

BIBLIOGRAFIA

- Amaral, Wagner & Santos, Ticiano. (2008). Airborne geophysical and tectonics of the Ceará central domain, eastern region of the Santa Quitéria magmatic ARC, Borborema Province, NE Brazil. *Revista Brasileira de Geofísica*, 26. 527-542.
- Amaral W.S., Santos T.J.S. & Wernick, E. (2011). Occurrence and geochemistry of metamafic rocks from the Forquilha Eclogite Zone, Central Ceará (NE Brazil): geodynamic implications. *Geological Journal*, 46(2-3):137-155.
- Ancelmi, Matheus & Santos, Ticiano & Reginato, Rafael & Amaral, Wagner & Monteiro, Lena. (2013). Geologia da Faixa Eclogítica de Forquilha, Domínio Ceará Central, noroeste da Província Borborema. *Brazilian Journal of Geology*, 43. 235-252.
- Ague, J. J.; Eckert, J. O. (2012). Precipitation of rutile and ilmenite needles in garnet: Implications for extreme metamorphic conditions in the Acadian Orogen, U.S.A.. *American Mineralogist*, 97(5-6), 840–855. doi:10.2138/am.2012.4015.
- Gomes, N. B. et al. (2023) P-T-t reconstruction of a coesite-bearing retroeclogite reveals a new UHP occurrence in the Western Gondwana margin (NE-Brazil). *Lithos*, v. 446-447.
- Gilotti, J. et al (2013). The Realm of Ultrahigh-Pressure Metamorphism. *Elements*, 9. 255-260. 10.2113/gselements.9.4.255.
- Griffin, W.L. (2008) Major transformations reveal Earth's deep secrets. *Geology*, 36, 95–96.
- Imperial, A., Pe-Piper, G., Piper, D., & Grey, I. (2022). Identifying Pseudorutile and Kleberite Using Raman Spectroscopy. *Minerals*, 12, 1210. <https://doi.org/10.3390/min12101210>
- Juliani, C.; Szabó, G.A.J.; Benevides, T., Freitas, F.C.; Pérez-Aguilar, A. (2002). *Petrologia metamórfica*. Apostila, Instituto de Geociências, USP, 169 p.
- Lu, X., Gao, S., Wu, P., Zhang, Z., Zhang, L., Li, X., & Qin, X. (2023). In Situ High-Pressure Raman Spectroscopic, Single-Crystal X-ray Diffraction, and FTIR Investigations of Rutile and TiO₂II. *Minerals*, 13, 703. <https://doi.org/10.3390/min13050703>.
- Santana, R.A.; NEUMANN, R. 2008. Introdução ao estudo de espectrometria Raman em minerais. Disponível em <http://www.cetem.gov.br/publicacao/serie_anais_XVI_jic_2_08/Romulo%20de%20Almeida94%20Santana.pdf> . XVI Jornada de Iniciação Científica – CETEM, p.195-201
- Santos, T. J. S., Amaral, W. S., Ancelmi, M. F., Pitarello, M. Z., Fuck, R. A., Dantas, E. L., (2015). U–Pb age of the coesite-bearing eclogite from NW Borborema Province, NE Brazil: Implications for western Gondwana assembly. *Gondwana Research*, 28(3)
- Schertl, Hans-Peter & O'Brien, Patrick. (2013). Continental Crust at Mantle Depths: Key Minerals and Microstructures. *Elements*, 9. 261-266. 10.2113/gselements.9.4.261.
- Zhang, R.Y., Zhai, S.M., Fei, Y.W., and Liou, J.G. (2003) Titanium solubility in coexisting garnet and clinopyroxene at very high pressure: the significance of exsolved rutile in garnet. *Earth and Planetary Science Letters*, 216, 591–601.