



# Caracterização das inclusões minerais em rutilos de rochas de alto grau metamórfico

*Palavras-Chave: Rutilo, Inclusão mineral, Metamorfismo.*

**Autores(as):**

**Vanessa de Oliveira Modesto, IG – UNICAMP**

**Prof. Dr. Wagner da Silva Amaral (Orientador), IG – UNICAMP**

---

## INTRODUÇÃO:

O registro qualitativo do metamorfismo de alta e ultra-alta pressão (HP-High pressure e UHP: Ultra-high pressure), no planeta pode ser prejudicado devido a rochas com minerais metaestáveis e suscetíveis aos processos retrometamórficos durante a exumação e intemperismo. Uma possibilidade de entender um pouco mais sobre os processos metamórficos em condições extremas, é investigar as inclusões contidas em alguns minerais formados durante este processo. O rutilo é um bom exemplo para este propósito. É um mineral que se forma em condições de alta e ultra alta pressão e resiste fortemente aos processos geológicos posteriores à sua cristalização. É amplamente preservado e uma abordagem ainda pouco testada para identificar minerais dentro dele, como fengita, jadeíta e coesita, foram os que sustentaram a constatação de que o rutilo é um excelente reservatório para procurar evidências de metamorfismo UHP. Diferente do zircão, o rutilo reflete condições do último evento metamórfico, formando outras fases ricas em Ti durante novos ciclos metamórficos em fácies xisto verde (Hart et al., 2016; Zack et al., 2004; Triebold et al., 2007).

Neste projeto, serão investigados rutilos de quatro diferentes localidades. Estes locais são reconhecidos pela presença de rochas de alta pressão: i) Bom Jardim de Minas-MG, e ii) Andrelândia-MG ambas no mesmo contexto geológico do sistema de nappes de Andrelândia; iii) Campinas-SP, onde foi recentemente descrita a ocorrência de rochas com potencial para registro metamórfico de alta pressão; iv) Bodocó-PE também conhecida por regiões de rochas recristalizadas apresentando textura reliquiares de fases que atingiram condições de alta-pressão (Lages, 2014).

## MÉTODOS DE TRABALHO:

### 1. Revisão bibliográfica

Levantamento bibliográfico e seleção de dados pré-existent, foram lidos estudos relacionados, que contribuíram para o levantamento e organização dos dados. As amostras de rutilo desta pesquisa já pertenciam

ao acervo do orientador desta pesquisa, logo não foi necessária a realização de trabalhos para coleta de campo.

## 2. Descrição petrográfica

As lâminas petrográficas dos rutilos de: i) Bom Jardim de Minas - MG, e ii) Andrelândia - MG foram confeccionadas pelo laboratório de laminação do Instituto de Geociências da Unicamp. Para análise das lâminas petrográfica foi utilizado o microscópio Petrográfico modelo Leica DM750P, luz transmitida para descrição das inclusões minerais. Para a obtenção de fotomicrografias foi utilizado um suporte para celular acoplado a lente do microscópio Petrográfico.

## 3. Análise via Microscopia Eletrônica de Varredura MEV/EDS

A análise foi feita no Laboratório de Microscopia Eletrônica de Varredura, pertencente ao Instituto de Geociências da Unicamp, modelo JSM IT500HR, marca JEOL e com Software de operação: Version 1.270; Software para tratamento de dados de EDS: SMILE VIEW e Lab Data Controls, sob orientação da técnica do Laboratório Dra. Érica Tonetto. A preparação de lâminas de rutilo para a análise via Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV), exigiu um processo de polimento para a obtenção de uma superfície plana, e metalização, procedimento é essencial para evitar a dispersão dos elétrons durante a análise, além do rigoroso processo de limpeza e secagem antes de ser colocada dentro da câmara do MEV (Costa, 2016). Para a análise de cristais individuais de rutilo, estes foram colados em um *mount* de resina epóxi.

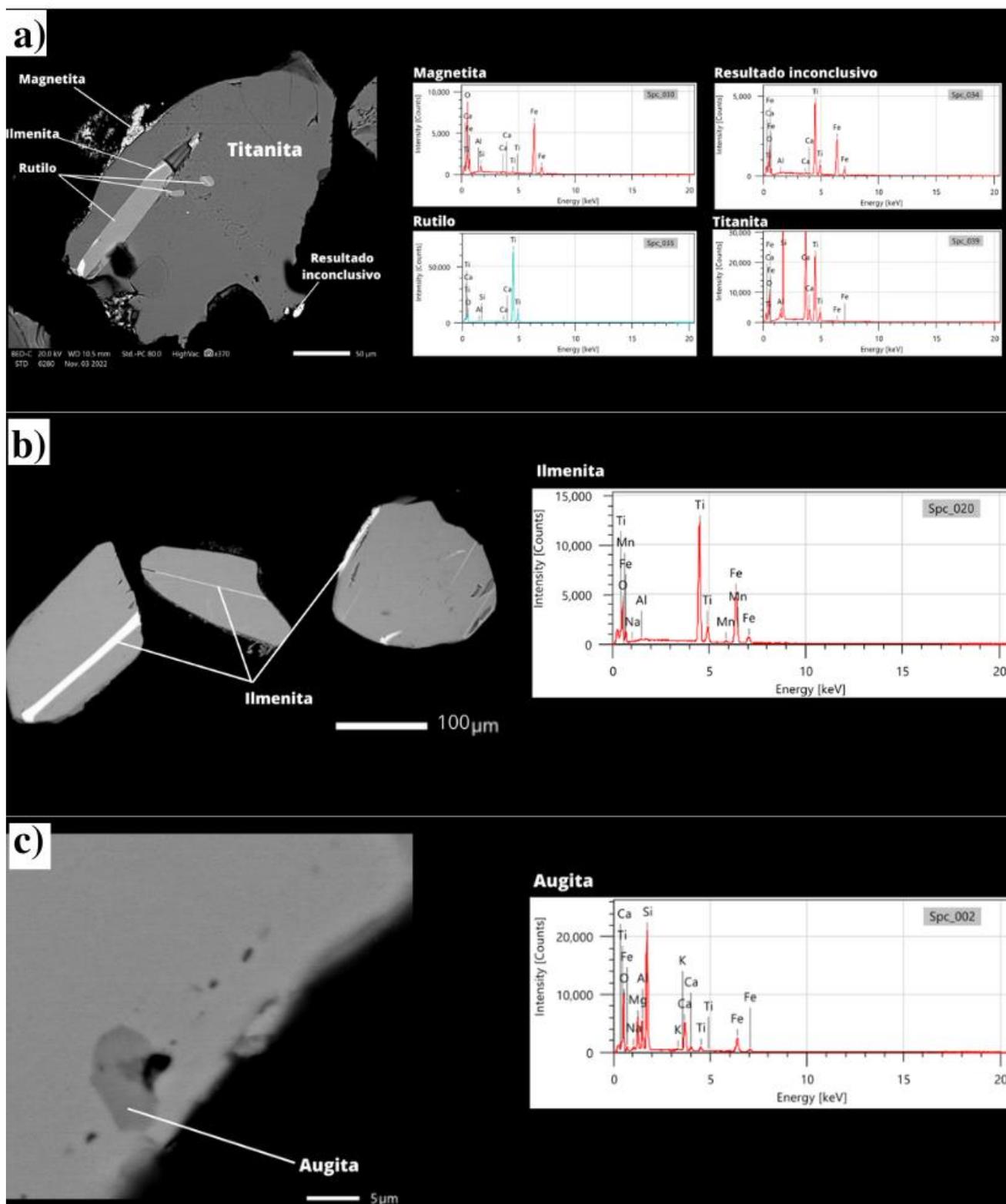
Dessa forma, foi possível realizar uma microanálise quantitativa da composição química das inclusões presentes nas amostras. No entanto, surgiram dificuldades na interpretação devido a interferências na matriz em algumas dessas inclusões. Para contornar esse problema e evitar resultados inconclusivos, optou-se por excluir o elemento Ti da interpretação, uma vez que este é o elemento mais característico no rutilo e é natural que a composição da matriz possa influenciar na leitura. Com a obtenção dos espectros, tabelas de porcentagem de massas atômicas e auxílio do banco de dados dos sites *mindat.org*, e *webmineral.com* foi possível compreender a composição mineralógica e identificar as inclusões presentes.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO:

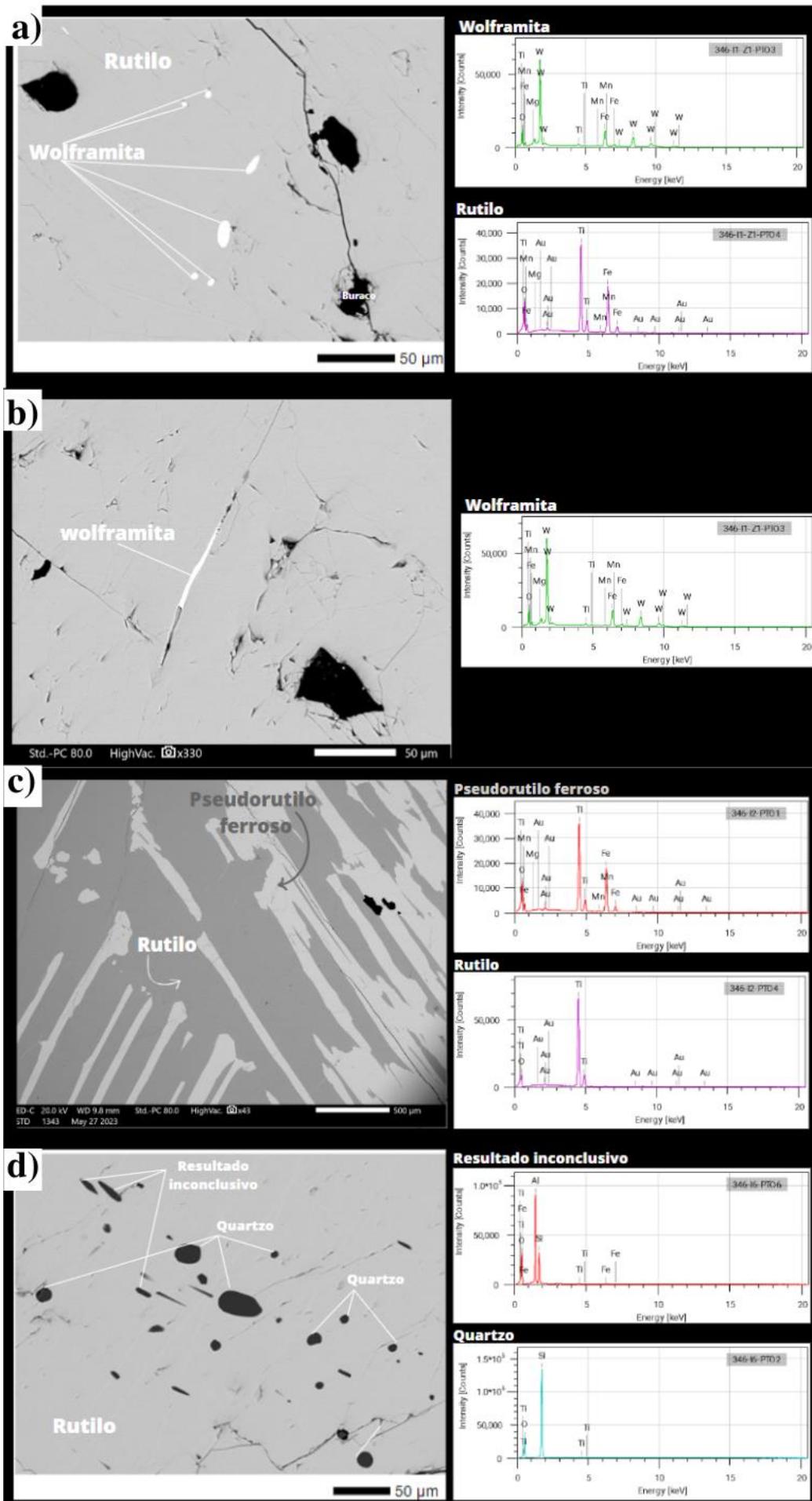
Nos rutilos de Campinas – SP, (Figura 1A), foi analisado um cristal de titanita subédrico que continha inclusões de rutilo com filmes de ilmenita ~10 µm e magnetita na borda de ~30 µm. Na Figura 1B, há cristais de rutilo com filmes de ilmenita de 5 a 15 µm, e a Figura 1C com um grão de rutilo com inclusão de clinopiroxênio augita de 7 µm. As inclusões dos rutilos de Bodocó – PE, possuem nanocristais de zircão, apatita, anfibólio. No rutilo de Bom Jardim de Minas – MG, foram descritas inclusões de biotita, as descrições mais detalhadas podem ser consultadas no relatório final.

Nos rutilos de Andrelândia – MG, foram identificadas inclusões interessantes de wolframita, quartzo e biotita. A primeira tem ocorrência por toda a lâmina, mais comum como inclusão euédrica arredondada em tamanhos de 5 a 15 µm

(Figura 2A), em algumas porções aparece preenchendo fraturas de  $\sim 5 \mu\text{m}$  (Figura 2B). Cerca de 40% da lâmina é tomada por listras alternadas de rutilo e pseudorutilo ferroso de  $\sim 100$  a  $500 \mu\text{m}$  (Figura 2C). Foram observadas inclusões euédricas de quartzo no rutilo de forma recorrente (Figura 2D).



**Figura 1.** Imagens Via MEV de grãos de Rutilo de Campinas – SP, com as principais inclusões minerais e seus espectros. A) Cristal de Titanita que contém inclusão de Magnetita na borda, e inclusões de Rutilo e este com filmes de ilmenita. B) Cristais de rutilo com filmes de ilmenita. C) Grão de rutilo com inclusão de clinopiroxênio augita.



**Figura 2.** Imagens Via MEV - Lâmina de Rutilo de Andrelândia – MG com as principais inclusões minerais e seus espectros. A) Inclusões de wolframita em rutilo de 5 a 15 $\mu\text{m}$ . B) Wolframita preenchendo fratura do rutilo ~5  $\mu\text{m}$ . C) Representando cerca de 40% da lâmina listras alternadas de rutilo e pseudorutilo ferroso de ~100 a 500  $\mu\text{m}$ . D) Inclusões euédricas de quartzo no rutilo.

Sabendo que o rutilo foi formado na fase metamórfica de alta pressão para que seja possível que ele envolva essas inclusões é necessário que elas tenham sido formadas antes, ou durante a formação do próprio rutilo. A presença de fluidos magmáticos ricos em tungstênio percolando o local explicaria a presença das inclusões de Wolframita em Andrelândia – MG. Talvez com possível influência de skarn, há registros petrológicos evidenciaram uma evolução metamórfica provenientes de processos hidrotermais, que são ocorrentes nesta região ao sul do Cráton São Francisco (Pinheiro, 2008, 2013). A partir dos dados levantados, a discussão seguirá no relatório final com intuito de melhor interpretar a evolução geológica das inclusões em rutilo dos demais locais estudados.

## **CONCLUSÕES:**

Os resultados das análises permitiram uma melhor compreensão da evolução metamórfica local a partir das informações contida nas amostras de rutilo atingindo o objetivo da IC. Além de evidenciar o grande potencial do rutilo atuando como um mineral recipiente que pode encapsular com segurança associações minerais não apenas a partir de um pico de metamorfismo, mas de vários estágios metamórficos (Rezvukhina, 2021), mesmo depois do processo de exumação estes não se manteriam totalmente estáveis. Essas informações são essenciais para entender a história metamórfica precambriana de uma região, determinar as condições geodinâmicas e termobarométricas atuantes durante o metamorfismo em condições severas de pressão, bem como contribuir para o entendimento da formação de alguns tipos de depósitos minerais.

## **BIBLIOGRAFIA**

- COSTA, Fernanda Rodrigues Torres da. **Microscopia Eletrônica de Varredura: potencialidades e aplicações**. 2016.
- HART, E., Storey, C., BRUAND, E., SCHETL, H. P., & ALEXANDER, B. D. **Mineral inclusions in rutile: A novel recorder of HP-UHP metamorphism**. *Earth and Planetary Science Letters*, v. 446, p. 137-148, 2016.
- LARGES, Geysson de Almeida. **Os complexos máfico-ultramáficos mineralizados (Fe-Ti±V±Cu±Cr) de Floresta e Bodocó na porção ocidental da Província Borborema e suas implicações geodinâmicas para a evolução da parte oeste da Zona Transversal**. 2014.
- PINHEIRO, Marco Aurélio Piacentini. **Geologia e petrogênese de corpos máficos-ultramáficos da faixa Brasília Sul, borda sul do Cráton São Francisco-MG**. 2013.
- PINHEIRO, Marco Aurélio Piacentini; SUITA, Marcos Tadeu de Freitas. **Metamorfismo de fundo oceânico e alto grau em meta-peridotitos ofiolíticos neoproterozóicos, Faixa Brasília Sul, Minas Gerais**. 2008.
- REZVUKHINA, Olga V. et al. **Rutile in diamondiferous metamorphic rocks: New insights from trace-element composition, mineral/fluid inclusions, and U-Pb ID-TIMS dating**. *Lithos*, v. 394, p. 106172, 2021.
- TRIEBOLD, S., von EYNATTEN, H., LUVISOTTO, GL, Zack, T., **Deducing lithological source rock from detrital rutile geochemistry: an example from Erzgebirge, Germany**. *Chemistry Geology*. 244, 421-436. 2007.
- Zack, T. V., Von Eynatten, H., & Kronz, A. **Rutile geochemistry and its potential use in quantitative provenance studies**. *Sedimentary Geology*, 171(1-4), 37-58, 2004.