



**Mineralizações Tungstaníferas em Terrenos de  
Alto Grau na Área de Monumento/Cacaria, Rio de Janeiro**  
Tungsten Mineralizations in High-Grade Terrains of Monumento/Cacaria, Rio de Janeiro.

Victor Muniz Alves Cruz<sup>1</sup>; Luiz Carlos Bertolino<sup>1,2</sup> & Francisco José Silva<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Faculdade de Geologia. Departamento de Geologia Aplicada.  
Rua São Francisco Xavier, 524, 4º andar, Bloco A, 20.550-900 Rio de Janeiro, RJ, Brasil

<sup>2</sup> Centro de Tecnologia Mineral – Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. Coordenação de Análise Mineral.  
Av. Pedro Calmon, 900 Cidade Universitária - 21941-908 - Rio de Janeiro, RJ, Brasil

<sup>3</sup> Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Instituto de Agronomia. Departamento de Geociências,  
BR-465, km 7, 23890-000 Seropédica, RJ, Brasil

E-mails: victormacruz@hotmail.com; lcbertolino@cetem.gov.br; fjosilva@ufrj.br

Recebido em: 25/05/2016 Aprovado em: 27/07/2016

DOI: [http://dx.doi.org/10.11137/2016\\_3\\_89\\_97](http://dx.doi.org/10.11137/2016_3_89_97)

## Resumo

Durante pesquisas minerais realizadas no estado do Rio de Janeiro, nos municípios de Parati, Rio Claro e Piraí, no início dos anos 80, detectou-se a presença de scheelita em concentrados de bateia de drenagens da área de Monumento/Cacaria. Até o presente trabalho, não era conhecida a litologia-fonte responsável por esta ocorrência. Com o objetivo de defini-la e caracterizar sua gênese, realizou-se campanhas prospectivas envolvendo amostragens de concentrados de bateia em córregos da região, mapeamento geológico em escala de detalhe (1:25.000), coleta de amostras de rocha e caracterização da amostra por métodos analíticos. A área de estudos localiza-se no contexto evolutivo da Faixa Ribeira, caracterizada por gnaisses pré-cambrianos sendo a mineralização classificada como do tipo scheelita *stratabound* hospedada em rochas calcissilicáticas.

**Palavras-chave:** scheelita; prospecção; Cacaria; Monumento; escarnito

## Abstract

During minerals research performed in Rio de Janeiro state, in the counties of Parati, Rio Claro and Piraí in the early 80 detected the presence of scheelite in concentrate panning from drains of Monumento/Cacaria area. Until this study, the lithology source responsible for this occurrence was unknown. In order to define the source and characterize the genesis of the tungsten mineralization, there were panned-concentrate drainage sampling in streams of the area, geological mapping in detailed scale (1:25.000) and collect of rock samples for characterization in analytic methods. The study area is located in the evolution context of Ribeira Belt, characterized by precambrian gneisses and the mineralization was classified as a stratabound scheelite, calcisilicate hosted.

**Keywords:** scheelite; prospection; Cacaria; Monumento; skarn

## 1 Introdução

Os depósitos tungstaníferos escarníticos típicos, como os de Can Tung (Bowman *et al.*, 1985) e Mac Tung (Dick & Hodgson, 1982), ambos no Canadá, de Pine Creek (Newberry, 1982), nos Estados Unidos, e o depósito de King Island (Kwak, 1978), na Austrália, estão relacionados a suítes plutônicas intrusivas derivadas de granitos do tipo-I de idade Paleozoica. Esses batólitos são equigranulares de granulometria grossa, ricos em aplitos e pegmatitos, e circundados por largas auréolas formadas pelo metamorfismo de contato (Kwak, 1987). São depósitos metassomáticos, formados a partir da liberação de fluidos aquosos, fortemente fracionados em níveis relativamente profundos de crosta. O metassomatismo de alta temperatura é responsável pelo zoneamento mineral de assembleias compostas principalmente por granadas proximais, piroxênios distais e minerais como wollastonita, vesuvianita, scheelita ou sulfetos maciços e/ou óxidos mineralizados em contato com a frente de mármore encaixante (Robb, 2005). Essas formações somam 95% das ocorrências escarníticas conhecidas, sendo esta a gênese responsável pelos depósitos economicamente mais interessantes de scheelita no mundo (Raith, 1991). A formação de escarnitos relacionados ao metamorfismo de contato pode ser consideravelmente mais complexa envolvendo uma evolução iniciada pela intrusão plutônica, seguida de cristalização, alteração retrógrada e resfriamento do plúton. Já escarnitos formados pelo metamorfismo regional envolvem apenas um metamorfismo isoquímico entre finas camadas de xistos e carbonatos onde a transferência metasomática de componentes entre litologias adjacentes pode ocorrer em pequena escala, até centimétrica, os chamados *reaction skarns* (Meinert, 2005). Esse tipo de formação, segundo Kwak (1987), é um tipo incomum, ocorrendo distante de corpos plutônicos em corpos do tipo *stratabound* com a mineralização hospedada em rochas calcissilicáticas de idade pré-cambriana em corpos descontínuos, podendo ser seguidas por centenas de quilômetros ao longo do *strike*. Zonamentos macroscópicos e microscópicos são pobremente desenvolvidos, a scheelita é frequentemente associada à assembleias anidras, sendo o tungstênio o elemento econômico predominante. Em geral, são poucas as ocorrências conhecidas e, em grande

parte, não são economicamente interessantes. São exemplos deste tipo de ocorrência as mineralizações de  $W\pm Mo$  em rochas pré-cambrianas do Colorado e Wyoming (Tweto, 1960), scheelita estratiforme associada a turmalinitos (Plimer, 1987) e em terrenos metamórficos no norte da Noruega (Larsen, 1991).

No Brasil, segundo Reid (1983), as diversas ocorrências de scheelita *stratabound* pré-cambrianas em terrenos de alto grau metamórfico tinham sua formação interpretada como contato metassomático. Posteriormente foi proposto um modelo vulcanogênico, sem relação com corpos intrusivos félsicos, sendo o tungstênio introduzido nos sedimentos por processos vulcano-exalativos, com subsequente remobilização e concentração por fluidos metamórficos derivados do metamorfismo de alto grau e migmatização.

Grãos de scheelita em concentrados de bateia foram descritos por Pereira & Santos (1983) na sequência de trabalhos prospectivos realizados nos municípios de Parati, Rio Claro e Pirai, tendo certo destaque concentrações mais elevadas nas drenagens na área de Vila Monumento (atualmente conhecida como bairro de Cacaria), pertencente à cidade de Pirai, no estado do Rio de Janeiro. Esta região carece de estudos geológicos em nível de detalhe, com o objetivo de se identificar a fonte litológica e as características da mineralização de scheelita observadas até então somente em concentrados de bateia, realizou-se campanhas prospectivas na região. Desta forma, buscou-se descobrir a litologia fonte e compreender melhor a gênese da mineralização e analisar se há alguma semelhança com outras ocorrências já descritas.

## 2 Materiais e Métodos

No âmbito desta pesquisa, realizou-se uma campanha de coleta de sedimentos de corrente na principal drenagem da região de estudo (Figura 1), o que inclui o Rio Cacaria e poucos afluentes localizados principalmente à esquerda da drenagem principal. Em cada ponto coletou-se aproximadamente 7 litros de material que foram concentrados por bateamento manual no próprio local. Obteve-se um total de 20 concentrados que posteriormente foram preparados no Laboratório Geológico de Preparação de Amostras da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (LGPA-UERJ).

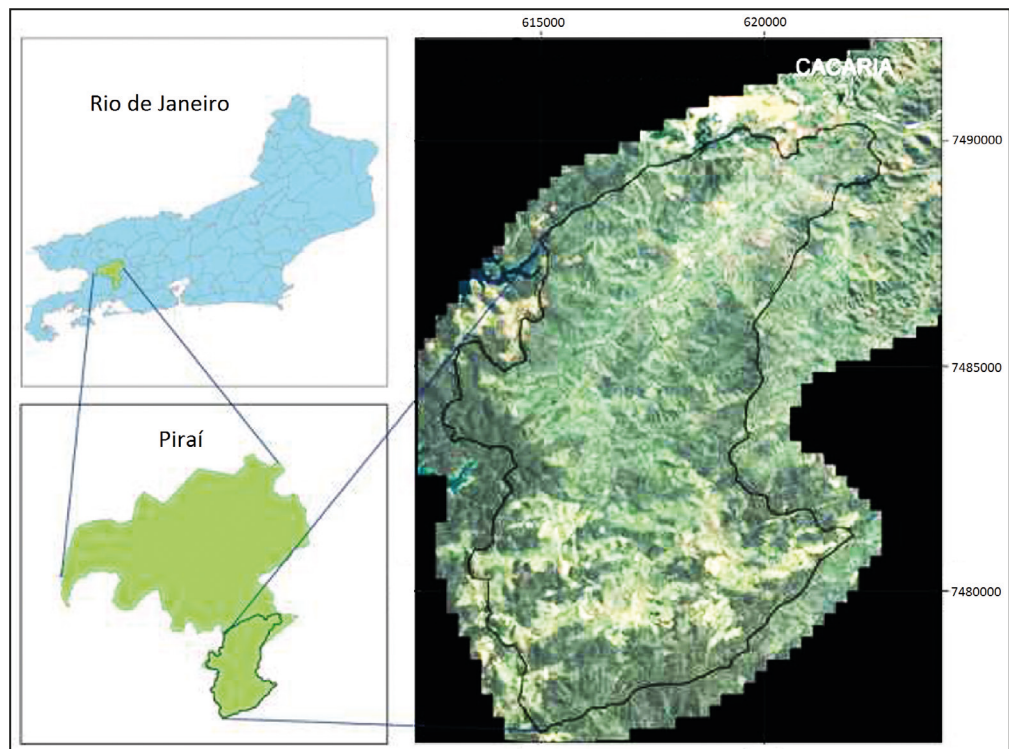


Figura 1  
Localização da região onde se encontra a área de estudo (Baylão, 2010).

A preparação iniciou-se com a separação dos minerais pesados utilizando-se o bromofórmio ( $d=2,98 \text{ g/cm}^3$ ). As frações pesadas foram analisadas em lâmpada ultravioleta de ondas curtas (*mineralight*) para identificação e quantificação dos grãos de scheelita. A partir dessas informações foi possível identificar as áreas aonde possivelmente encontra-se a litologia fonte da mineralização. Com base no referido mapa, foram delimitados os locais onde potencialmente encontrar-se-iam os litotipos mineralizados em scheelita. A este trabalho seguiu-se mapeamento geológico, em escala de 1:25.000, para identificar e caracterizar as litologias com maior possibilidade de hospedar a mineralização. Durante o mapeamento geológico, foram coletadas amostras de rocha para estudos diversos. As unidades mapeadas na área de estudos são correlacionáveis a base estratigráfica definida em trabalhos de prospecção mineral de depósitos sulfetados presentes na região de Rio Claro (RJ) (Riofinex, 1977), município este localizado a oeste da área de estudos.

As amostras de rocha coletadas foram preparadas no LGPA-UERJ, inicialmente com a separação de parte para a elaboração de lâminas petrográficas. O restante foi processado por britagem, peneiramento na malha de 1 mm e bateamento manual para concentração de minerais pesados. Uma característica bastante marcante da grande

maioria dos tipos de scheelita é que fluorescem quando submetidas a equipamento portátil de radiação ultravioleta, o chamado *mineralight* (Dana, 1974). Após a verificação da fluorescência de alguns grãos na fração de minerais pesados, encaminharam-se essas amostras ao Centro de Tecnologia Mineral (CETEM) para a confirmação química da mineralização.

As amostras foram submetidas a diversos ensaios tais como: difratometria de raios X (DRX) com um equipamento modelo *Bruker-AXS D4 Endeavor*, nas seguintes condições de operação: radiação  $\text{CoK}\alpha$  (40 kV/40mA); velocidade do goniômetro de  $0,02^\circ 2\theta$  por passo com tempo de contagem de 0,5 segundos por passo e coletados de  $5$  a  $80^\circ 2\theta$ , com detector sensível à posição *Lynxeye*. Outro ensaio realizado foi a espectroscopia Raman onde se utilizou o modelo *MicroRaman Horiba Jobin-Yvon LabRAM HR*. Para as análises em microscopia eletrônica de varredura e análise por energia dispersiva de raios X (MEV-EDS), utilizou-se o modelo FEI Quanta 400 da marca *Bruker*.

### 3 Contexto Geológico Regional

A área de estudos é enquadrada como pertencente ao contexto evolutivo da Faixa Ribeira. Esta faixa móvel evoluiu de forma complexa,

englobando diversos eventos como fechamento de oceanos, processos acrescionários e grandes colisões continentais, sendo um importante cinturão orogênico da região sudeste brasileira que, juntamente com as Faixas Araçuaí e Dom Feliciano, constituem a Província da Mantiqueira (Almeida *et al.*, 1977). Este orógeno possui cerca de 3.000 km de extensão, de orientação NNE-SSW onde, e que segundo Heilbron *et al.* (2000, 2004) compreende uma série de terrenos tectônicos separados por falhas de empurrão e zonas de cisalhamento oblíquas transpressivas dúcteis. Os terrenos são empilhados em direção à margem do Cráton do São Francisco, sendo classificados segundo quatro terrenos tectonoestratigráficos para o segmento central da faixa: Terreno Ocidental, Terreno Oriental, *Klippe* ou Terreno Paraíba do Sul e Terreno Cabo Frio.

#### 4 Geologia Local

A Unidade Lorena representa a unidade mais antiga, está localizada na porção sudeste da área, sendo composta por litotipos ortognáissicos com feldspatos potássicos de tamanho centimétrico orientados caracterizando a textura facoidal ou “*augen*”, com biotita e outros minerais bordejando os porfiroblastos de microclina.

Em contato brusco, possivelmente intrusivo com as rochas da Unidade Lorena, encontra-se a Unidade Valadão que é constituída predominantemente por gnaisses metasedimentares, marcados pela alternância de bandas claras ricas em quartzo e feldspatos e escuras, mais ricas em biotita. Estas rochas apresentam granulometria fina à média que

ocorrem associados a mármores dolomíticos e rochas calcissilicáticas. A Unidade é ainda marcada pela ocorrência de formações ferríferas de pequeno porte. São também descritas nesta unidade rochas intrusivas metabásicas (anfíbolitos) e alguns corpos pegmatíticos, este último localmente contendo cristais de berilo e turmalina de tamanhos centimétricos. Foi observada ainda nesta unidade a presença de dois corpos graníticos, o primeiro exibindo uma grande homogeneidade textural apresentando megacristais de microclina de até 2 cm e grãos submilimétricos de biotita, bordejando os feldspatos, descrito como um microclina granito porfirítico. O segundo é equigranular médio a grosso com minerais de quartzo, biotita e plagioclásio, sendo truncado por veios quartzo-feldspáticos de espessura decimétrica (Figura 2A e 2B).

As litologias encontradas na Unidade São Roque encontram-se gradualmente mais cisalhadas em direção ao contato com as rochas da Unidade Valadão, sendo este contato marcado por uma falha de empurrão, de baixo ângulo, que atravessa toda a área mapeada e mostra direção NE-SW, sendo o outro lado limitado pela represa Ribeirão das Lajes. A Unidade São Roque é também composta por rochas predominantemente metamórficas de origem pelítica como granada-biotita gnaisses, porém contendo intercalações métricas de mármores dolomíticos e rocha calcissilicáticas mais abundantes do que na Unidade Valadão. Rochas intrusivas como pegmatitos e rochas metabásicas (anfíbolitos) também são descritas nesta unidade. O mapa geológico da região localiza-se na Figura 3.

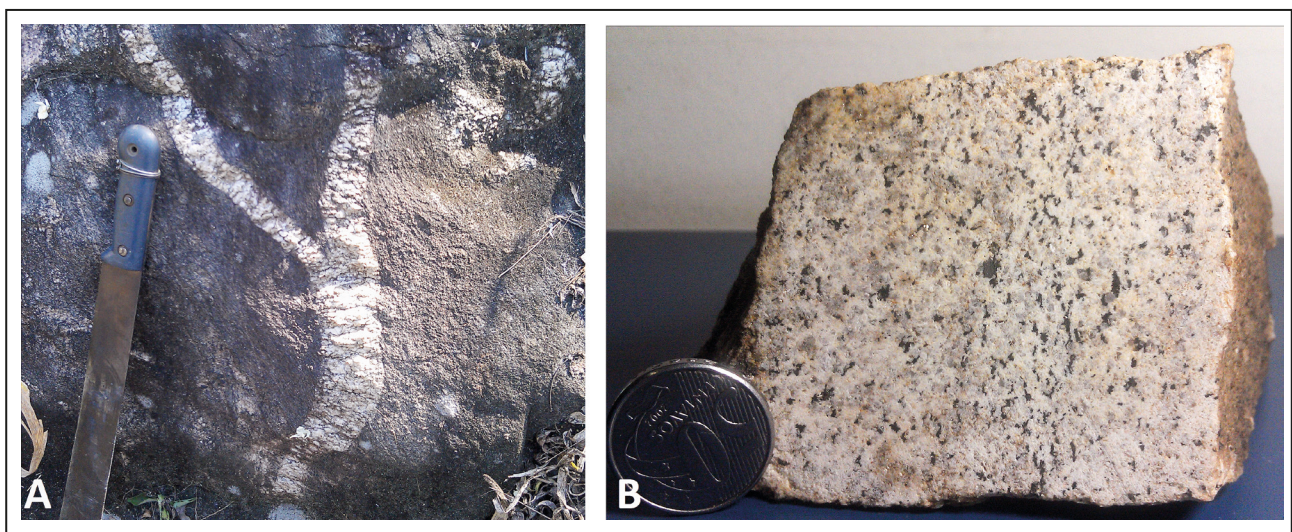


Figura 2 Intrusões graníticas (A Afloramento com veios pegmatíticos decimétricos) (B) Amostra de rocha do sienogranito.

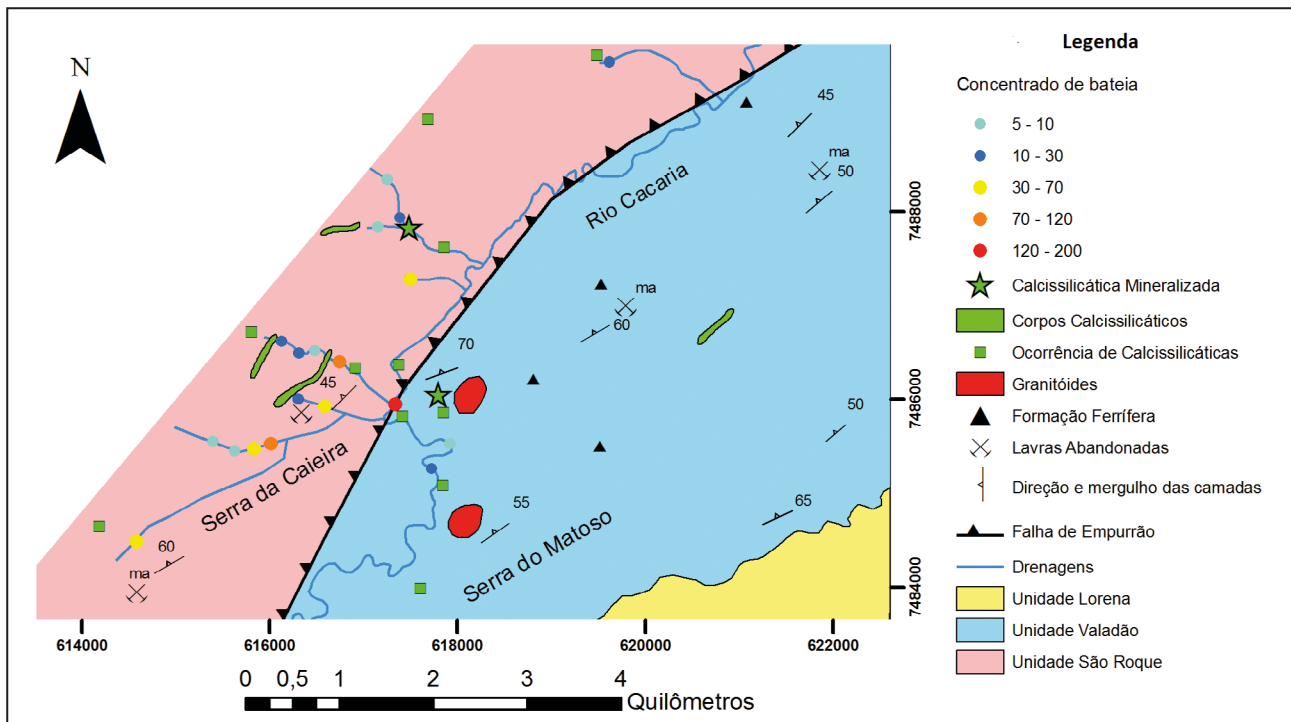


Figura 3 Mapa geológico da região de Monumento/Cacaria.

#### 4 Caracterização das Amostras Mineralizadas

No decorrer das investigações, duas ocorrências primárias de scheelita foram encontradas na área de estudos. A primeira delas está relacionada com rochas calcissilicáticas encontradas na Unidade São Roque, onde a mineralogia, definida por DRX (Figura 4) é composta por scheelita, quartzo, diopsídio, augita, hornblenda, vermiculita, enstatita e muscovita. A scheelita apresenta-se disseminada na rocha na forma de grãos muito finos (0,2 mm) (Figura 5).

A segunda amostra apresenta cristais de scheelita concentrados em vênulas milimétricas de quartzo (Figura 6A) que cortam as rochas calcissilicáticas da Unidade Valadão. Esta amostra apresentou três variedades de cores fluorescentes sob o *mineralight* de ondas curtas: azul-claro, azul-escuro e verde (Figura 6B). A análise por petrografia ótica (Figura 6C e 6D) e por MEV (Figura 7) de lâminas polidas mostra que a ocorrência de scheelita na Unidade Valadão apresenta-se em maior quantidade e em granulometria maior do que na amostra proveniente da Unidade São Roque.

Os grãos que apresentaram diferentes colorações fluorescentes foram individualizados e

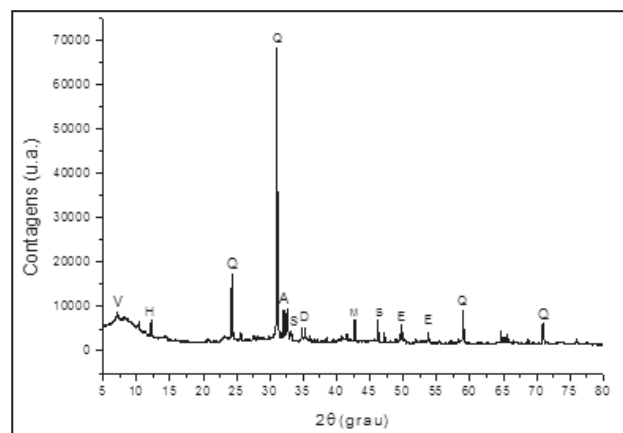


Figura 4 Difratograma de raios X de amostra de rocha calcissilicática da Unidade São Roque (CoK $\alpha$  40 kV/40 mA). Legenda: V-Vermiculita, H-Hornblenda, Q-Quartzo, A-Augita, S-Scheelita, M-Muscovita, D-Diopsídio e E- Enstatita.

submetidos à espectroscopia Raman para serem caracterizados individualmente. Os grãos de coloração azul-claros foram classificados como a própria scheelita, os de coloração azul-escuro tratam-se do diopsídio e os de coloração verde, opala (Figura 8).

Análises de difratometria de raios X (Figura 9) realizados na segunda mineralização revelam que esta amostra é composta por quartzo, diopsídio, hornblenda e scheelita.

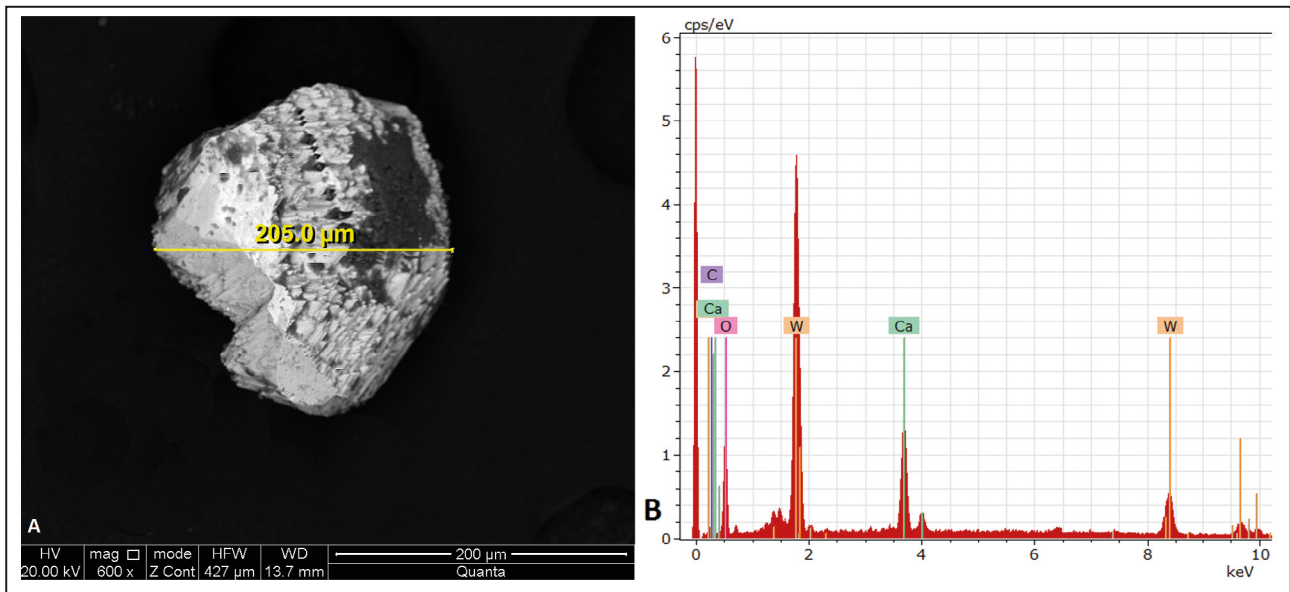


Figura 5 Imagem de MEV (elétrons secundários) de grão de scheelita hospedado em rochas calcissilicáticas da Unidade São Roque (A) e espectro de EDS do mesmo grão (B).

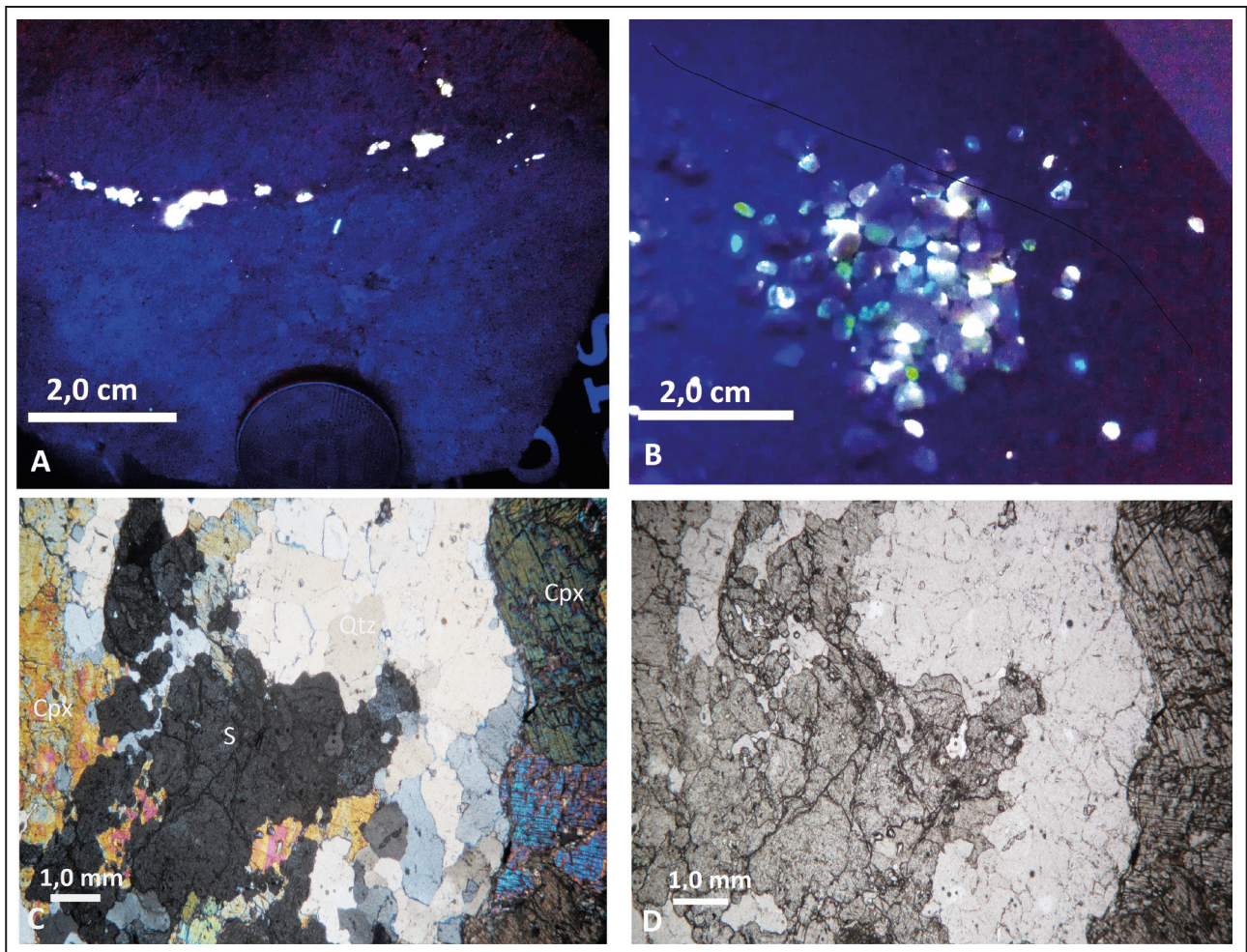


Figura 6 (A) Amostra contendo scheelita sob o *mineralight* de ondas curtas (Unidade Valadão). (B) Fragmentos soltos da amostra anterior exibindo três diferentes variações de cores com a utilização do *mineralight*. Fotomicrografia da amostra mineralizada sob luz polarizada (C – nicóis cruzados, D – nicóis paralelos) mostrando quartzo (Qtz), clinopiroxênio (Cpx) e scheelita (S) da mesma amostra.

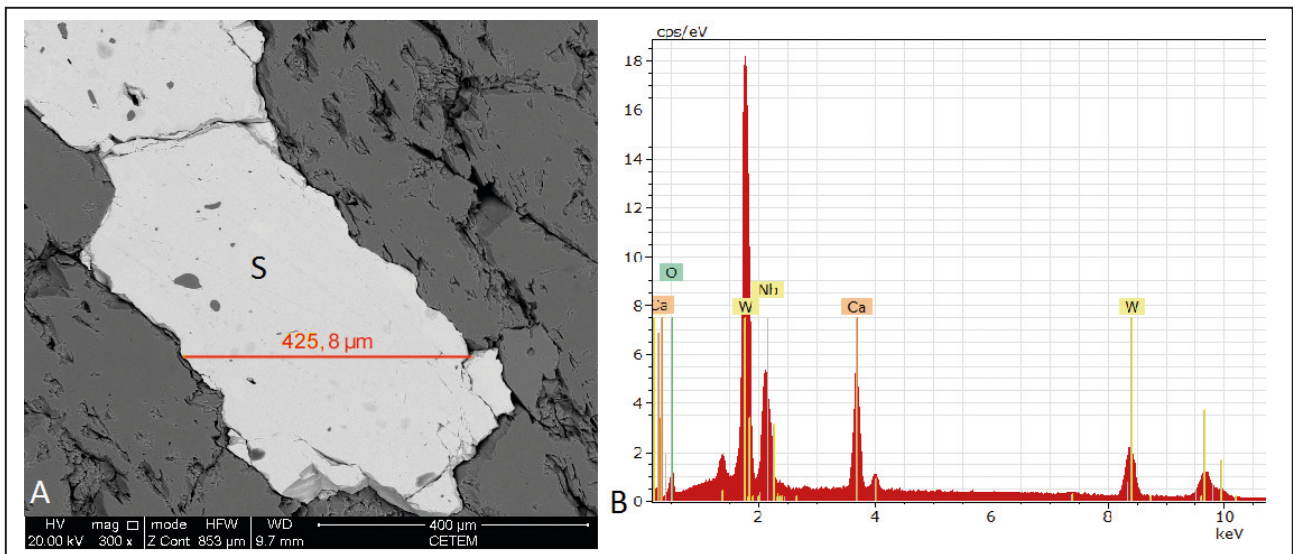


Figura 7 (A) Imagem em MEV (elétrons retroespalhados) de cristal de scheelita (S) em contato com grãos de quartzo e calcita indiscriminados (B) análise química semiquantitativa obtida por EDS no mesmo grão.

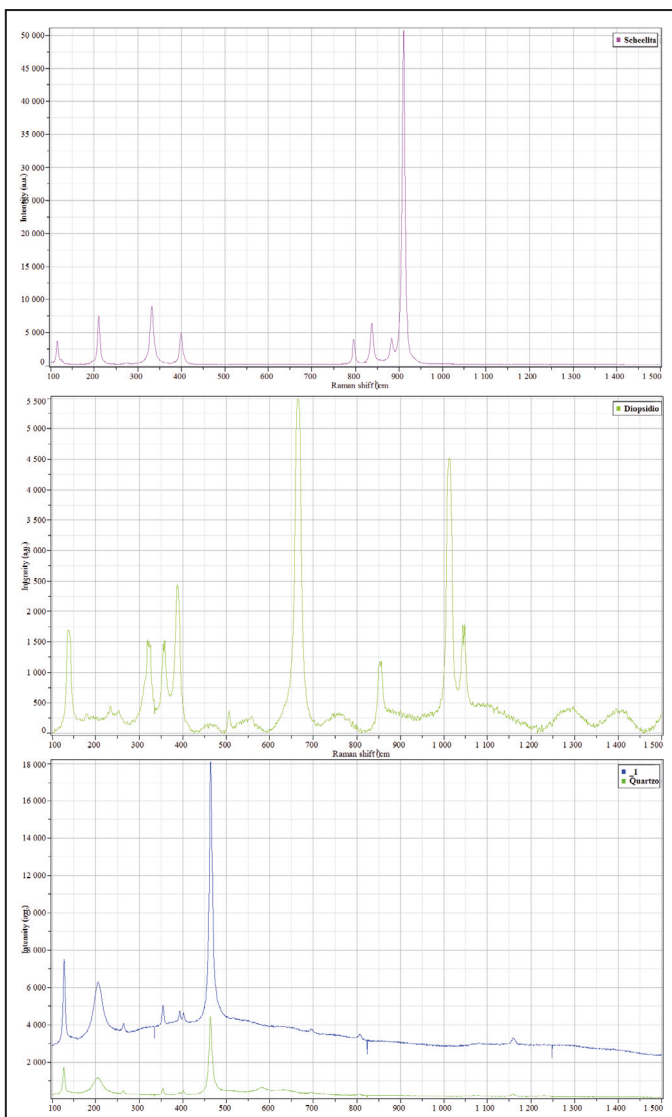


Figura 8 Espectros Raman de grãos de scheelita com fluorescência azul clara a branca, de diopside em grãos com fluorescência azul escuro e de opala em grãos com fluorescência verde (comprimento de onda de 514 nanômetros).

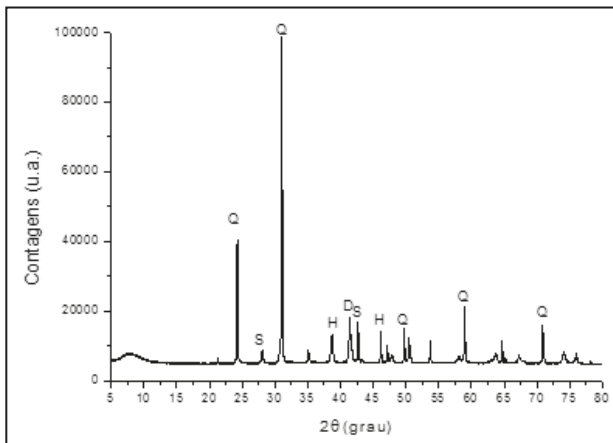


Figura 9 Difratograma de raios X da amostra de rocha calcissilicática da Unidade Valadão (CoK $\alpha$  40 kV/40 mA). Legenda: Q-Quartzo, H-Hornblenda, D-Diopsídio, S-Scheelita.

## 5 Discussões e Conclusões

Como objetivo principal proposto para o trabalho, pôde-se concluir que a litologia hospedeira das ocorrências primárias de scheelita, verificada em concentrados de bateia nas drenagens da área de estudo, são as rochas calcissilicáticas das Unidades São Roque e Valadão. Quanto em relação à gênese das amostras observadas pode-se caracterizar que as mineralizações tungstíferas observadas são do tipo scheelita *stratabound* hospedadas em escarnitos formados pelo metamorfismo regional de rochas pré-cambrianas em terrenos de alto grau metamórfico, os chamados escarnitos de reação (*reaction skans*) (Meinert, 2005) assim como as ocorrências já observadas em Tweto (1960), Plimer (1987), Larsen (1991) e no Brasil em Reid (1983). Neste tipo de mineralização, o tungstênio pode ter sido introduzido nos sedimentos por processos vulcano-exalativo com scheelita encontrada de forma disseminada em rochas calcissilicáticas. Já as vênulas milimétricas mineralizadas podem ter sido formadas por subsequente remobilização e concentração por fluidos metamórficos. Outras evidências como a presença de pequenas ocorrências de formação ferrífera bandada contribuem com a hipótese de contribuição vulcano-sedimentar na região. Mineralizações associadas a eventos posteriores, relacionados a suítes plutônicas intrusivas derivadas de granitos em contato com hospedeiras carbonáticas não foram observadas, talvez por serem mais difíceis de serem encontradas devido ao recobrimento por vegetação e também por se tratar de zonas intemperizadas. Apesar disso, a presença deste evento não é totalmente descartada

devido a observação na área de estudos de um corpo granítico com características citadas por Kwak (1987) (batólitos equigranulares de granulometria grossa, ricos em aplitos e pegmatitos), marcantes para a formação deste tipo de mineralização.

Segundo Robbins (1983) uma variedade de sílica, tipo opala, denominada hialita, apresenta forte brilho fluorescente verde sob o mineralight de ondas curtas por conter traços de urânio, sendo então os grãos encontrados com essa fluorescência classificados como de hialita. O metamorfismo da área foi classificado como de alto grau podendo atingir fácies granulito indicado principalmente pela presença de ortopiroxênios hiperstênio verificado em lâminas petrográficas de rochas básicas (anfíbolitos) coletadas na região.

## 6 Agradecimentos

Ao Centro de Tecnologia Mineral (CETEM) pelo apoio nas análises minerais, ao Grupo Monumento (GMON) pelo apoio logístico para as pesquisas de campo, aos funcionários do Laboratório Geológico de Preparação de Amostras da UERJ (LGPA-UERJ), Mário Trotta pela revisão independente do texto, Anderson Costa pelos ensinamentos em lâminas petrográficas. Este trabalho foi desenvolvido durante trabalho de mestrado do primeiro autor e contou com uma bolsa de mestrado obtida junta a CAPES.

## 7 Referências

- Almeida, F. F. M.; Hasui, Y.; Brito Neves, B. B. & Fuck, R. A. 1977. Províncias Estruturais Brasileiras. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE, 8, *Anais*. Campina Grande, p. 363-391.
- Baylão, H.F.B. 2010. *Espécies com vocação para facilitar processos de restauração espontânea de ecossistemas perturbados na vertente atlântica da Serra do Mar, Pirai-RJ*. Programa de pós-graduação em Ciências Ambientais e Florestais, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Dissertação de Mestrado, 76p.
- Bowman, J.R.; Covert, A. H. & Mathieson, G.A. 1985. The Cantung E zone scheelite skarn orebody, Tungsten, N.W.T.: Oxygen, hydrogen and carbon isotope studies. *Economic Geology*, 80: 1872-1895.
- Dana, J.D. 1974. Manual de mineralogia. Rio de Janeiro, Livros técnicos e científicos editora, p. 421-422.
- Dick, L.A. & Hodgson, C.J. 1982. The Mac Tung W-Cu-(Zn) contact metasomatic and related deposits of the northeastern Canadian Cordillera. *Economic Geology*, 77: 845- 867.
- Heilbron, M.; Mohriak, W.; Valeriano, C.M.; Milani, E.; Almeida, J.C.H & Tupinambá, M. 2000. From Collision to Extension: The Roots of the Southeastern Continental



- Margin of Brazil. In: Mohriak, W. & Talwani, M. *Atlantic Rifts and Continental Margins*. America Geophysical Union, *Geophysical Monograph Series*, 115: 1-34.
- Heilbron, M.; Pedrosa-Soares, A.C.; Silva, L.C.; Campos Neto, M.C. & Trouw, R.A.J. 2004. A evolução tectônica da Província Mantiqueira. In: MANTESSO-NETO, V.; BARTORELLI, A.; CARNEIRO, C.D.R. & BRITO NEVES, B.B. (eds.). *Geologia do continente sul-americano: evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida*. São Paulo, Beca, p. 203-234.
- Kwak, T.A.P. 1978. The conditions of formation of the King Island scheelite contact skarn, King Island, Tasmania, Australia. *American Journal of Science*, 278: 969-999.
- Kwak, T.A.P. 1987. W-Sn skarn deposits and related metamorphic skarns and granitoids: Developments in Economic Geology. *Elsevier*, 24, 451 p.
- Larsen, R.B. 1991. Tungsten skarn mineralization in regional metamorphic terrain in northern Norway: A possible metamorphic ore deposit. *Mineralium Deposita*, 26: 281—289.
- Meinert, L., Dipple, G., & Nicolescu, S., 2005. World skarn deposits. In: HEDENQUIST, J.W.; THOMPSON, J.F.H.; GOLDFARB, R.J. & RICHARDS, J.P. (eds). *Economic Geology 100th Anniversary Volume*: Littleton, Colorado, Society of Economic Geologists, p. 299–336.
- Newberry, R.J. 1982. Tungsten bearing skarns of the Sierra Nevada. The Pine Creek mine, California. *Economic Geology*, 77: 823- 844.
- Pereira, R.M. & Santos, R.A. 1983. Mineralizações estratiformes de scheelita da região de Parati - Angra dos Reis - Rio Claro - Pirai. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 55(1): 105-108.
- Plimer, I. 1987. The association of tourmalinite with stratiform scheelite deposits. *Mineralium Deposita*, 22: 282-291.
- Raith, J. 1991. Stratabound tungsten mineralization in regional metamorphic calc-silicate rocks from the Austroalpine Crystalline Complex, Austria. *Mineralium Deposita*, 26: 72-80.
- Reid, J.C. 1983. Stratabound tungsten deposits in metamorphic terrains: stratabound scheelite deposits of Northeast-Brazil. *Society of Mining Engineer of AIME*, Preprint: 83-128.
- Riofinex, Geologia. e Pesquisas LTDA. 1977. *Projeto Rio Claro – Relatório final*, 90 p.
- Robb, L.J. 2005. *Introduction to ore forming process*. Blackwell Science Ltd. 373 p.
- Robbins, M.A. 1983. *The Collector's Book of Fluorescent Minerals*. New York, Springer, 289 p.
- Tweto, O. 1960. Scheelite in the Precambrian gneisses of Colorado. *Economic Geology*, 55: 1406-1420.