

Monteiro, F.A.<sup>1</sup>; Zucolotto, M.E.<sup>1</sup>; Tosi, A.A.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Setor de Meteorítica do Museu Nacional/Universidade Federal do Rio de Janeiro (MN/UFRJ);

<sup>2</sup>Laboratório de Microsonda Eletrônica do Instituto de Geociências/Universidade Federal do Rio de Janeiro (IGEO/UFRJ)



Ver PDF

## INTRODUÇÃO

Os meteoritos têm desempenhado um papel significativo na história da humanidade, quer pelo mistério que envolvia as suas quedas, quer por sua origem desconhecida. Por aparecerem repentinamente desde tempos remotos, quebrando uma aparente ordem natural do universo, representavam bons ou maus presságios às populações (BURKE, 1986; ZUCOLOTTO *et al.*, 2013).

O Setor de Meteorítica do Museu Nacional (LABET – MN/UFRJ) desenvolve um trabalho pioneiro de reconhecimento e identificação de meteoritos no Brasil. Esta pesquisa constou de um estudo interdisciplinar de Arqueologia, Metalurgia e Meteorítica. Foram realizadas investigações arqueometalúrgicas em três artefatos de ferro acondicionados no MN/UFRJ: uma ponta de flecha indígena brasileira e duas adagas kris (ou keris) típicas do arquipélago Malaio (figura 1).



Figura 1: **A** – Ponta de flecha tombada sob o número 33.980 na coleção do Setor de Etnologia do MN/UFRJ, em 1945; **B** – Adaga kris de lâmina reta com sua respectiva capa de madeira; **C** – Adaga kris de lâmina sinuosa com sua respectiva capa de madeira. Destaque para os adornos mais bem trabalhados em sua lâmina e capa.

## METODOLOGIA

As análises basearam-se no estudo arqueológico-tipológico dos objetos, na ciência dos materiais e em observações metalográficas. Foi demonstrado que o uso de ferramentas como microscópios ótico (luz refletida) e eletrônico de varredura (MEV/EDS), microsonda eletrônica (EPMA/WDS) e testes de microdureza Vickers pode ajudar a revelar mais informações sobre objetos de ferro antigos, incluindo seu processo de fabricação, além de fornecer dados confiáveis acerca da proveniência de suas ligas metálicas e, portanto, uma indicação para o seu forjamento.

As primeiras observações quantitativas realizadas detectaram os teores de níquel (Ni), ferro (Fe) e cobalto (Co) nas ligas metálicas, encontradas de forma natural exclusivamente em materiais meteoríticos. Assim, uma vez detectada uma concentração característica de meteoritos metálicos, faz-se necessário proceder a avaliações comparativas e interpretativas mais detalhadas do conjunto de dados obtidos.

## RESULTADOS

No estudo da ponta de flecha, foram identificadas duas fases metálicas, uma rica em Ni (Fe- $\gamma$ ) e outra pobre (Fe- $\alpha$ ), condizente com as fases taenita e kamacita de meteoritos de ferro (figura 2). Em relação às adagas kris, concluiu-se que a de lâmina reta não possui origem meteorítica devido, principalmente, à ausência de Ni em sua liga (figura 3); enquanto que a de lâmina sinuosa apontou três fases: duas com Ni (uma rica e outra pobre) e uma com Fe puro ou Fe-carbono (figura 4). Entretanto, o Co apresentou-se em concentrações abaixo do esperado em meteoritos metálicos (tabela 1) e não há dados de bibliografia que indiquem o comportamento deste elemento com os tratamentos térmicos sofridos pelas peças examinadas.

Por efeito do trabalho a quente, as estruturas de *Widmanstätten*, características de tais meteoritos, são destruídas e, portanto, já era esperado não serem observadas nestes objetos. A microestrutura da ponta de flecha mostrou martensita no meio da seção, com Fe- $\alpha$  recristalizado e Fe- $\gamma$  precipitado nas bordas dos grãos. Na escala Vickers, a microdureza da martensita foi de até 450 HV e das fases com Ni, 190 HV. Enquanto que a adaga kris de lâmina sinuosa mostrou apenas recristalização de grãos de Fe- $\alpha$  (160 HV) e bandas de Fe- $\gamma$  (350 HV).

Tabela 1: Características dos dois artefatos analisados cujo ferro pode ter origem meteorítica.

Artefatos	Ni %	Co %	P %	C %	Microdureza HV	Fosfetos	Taenita	Escória
Ponta de Flecha	3-20	0-0,08	0-0,02	-	190-450	-	+	+
Adaga Kris de Lâmina Sinuosa	6-26	0-0,03	0-0,02	-	160-350	-	+	+

Legenda: + presente | - ausente (não detectado)

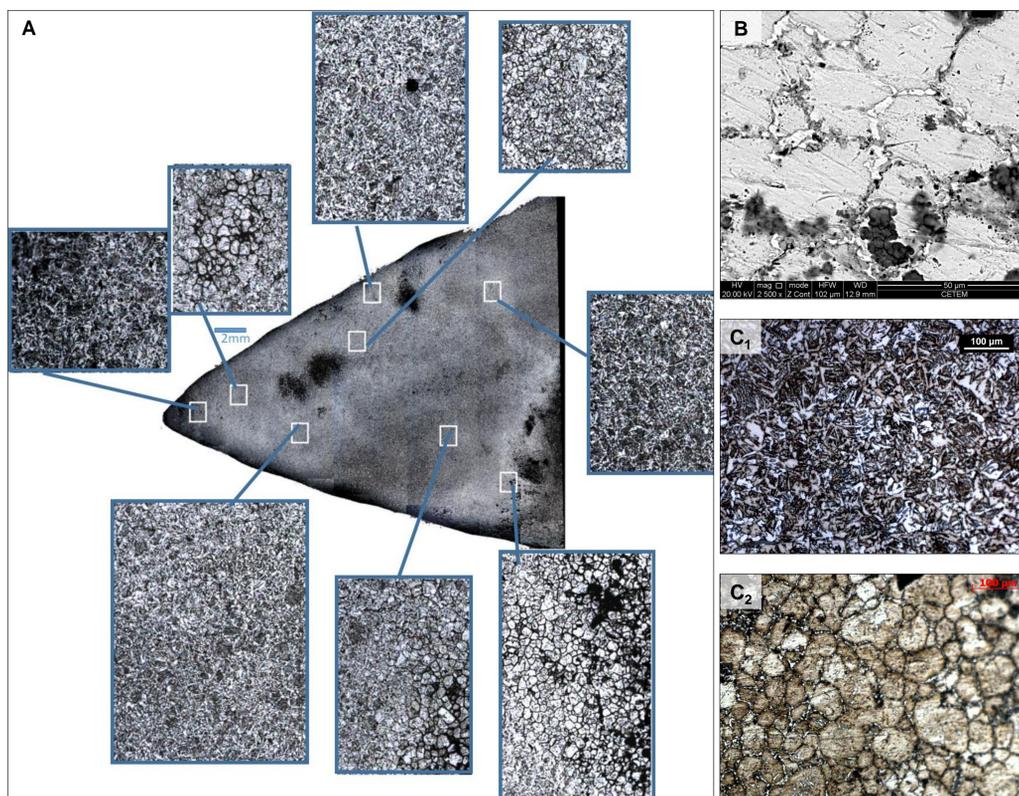


Figura 2: **A** – Foto mosaico em luz refletida da ponta da flecha destacando oito áreas e suas duas texturas principais (martensítica [C<sub>1</sub>] e recristalizada [C<sub>2</sub>]); **B** – Imagem eletrônica por BSE (MEV) da ponta de flecha: áreas mais brancas são mais ricas em Ni, enquanto áreas mais cinzas, menos.

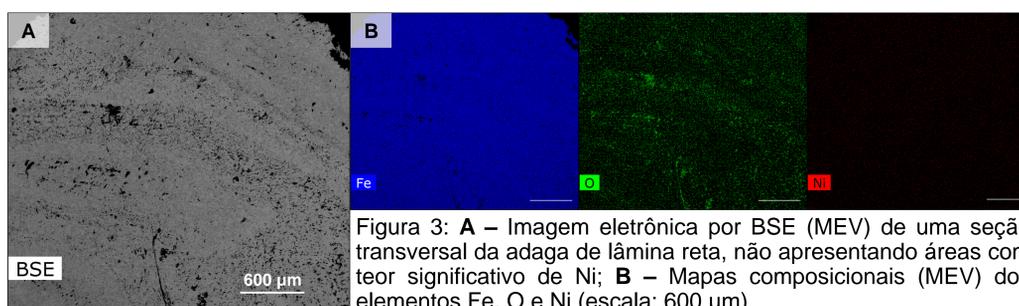


Figura 3: **A** – Imagem eletrônica por BSE (MEV) de uma seção transversal da adaga de lâmina reta, não apresentando áreas com teor significativo de Ni; **B** – Mapas composicionais (MEV) dos elementos Fe, O e Ni (escala: 600 µm)

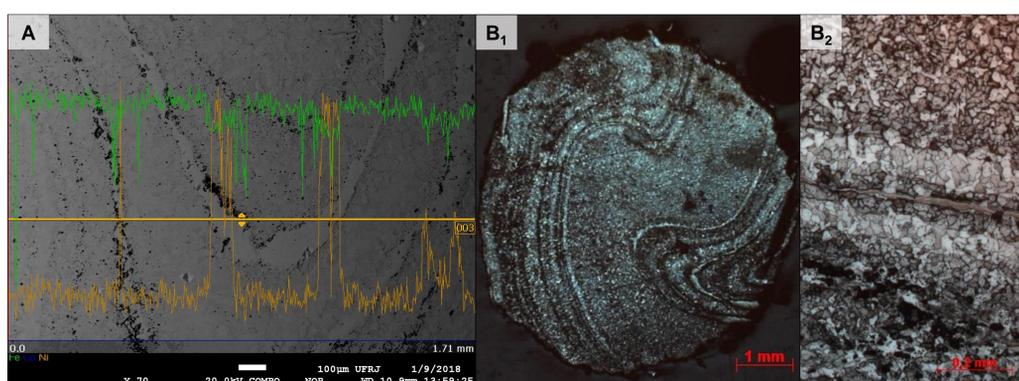


Figura 4: **A** – Perfil de Ni, Fe e Co realizado por EPMA/WDS ao longo das bandas de uma seção transversal da adaga de lâmina sinuosa. Nota-se, a junção de duas ligas, uma rica em Ni e outra de Fe sem Ni; **B** – Fotomicrografias em luz refletida mostrando uma seção transversal inteira (B<sub>1</sub>) da adaga de lâmina sinuosa e uma área com maior ampliação (B<sub>2</sub>).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo de ambos artefatos revelou, inclusive, que a presença de manganês na maioria de inclusões sugeriu uma fabricação após 1840. Se estes artefatos fossem da Antiguidade, não haveria dúvidas sobre a procedência, mas por serem mais recentes, após o advento da técnica do ferro forjado/fundido, não se pode afirmar que sejam meteoríticos e nem descartar esta hipótese.

Apesar de existirem estudos de metais antigos na literatura, é raro encontrar uma bibliografia que relacione métodos arqueometalúrgicos com uma interpretação de microestrutura. É ainda mais difícil encontrar uma revisão metalúrgica relativa a artefatos de ferro, que possivelmente foram forjados a partir de ferro meteorítico. Assim, o presente trabalho busca também fornecer informações sobre algumas técnicas que podem ser aplicadas a objetos arqueológicos, cuja origem do ferro é desconhecida, e, conseqüentemente, colabora para expandir o conhecimento de meteoritos nas Geociências.

## REFERÊNCIAS

- BURKE, J. G. *Cosmic Debris: Meteorites in History*. Berkeley: University of California Press, 1986. 455p.
- COMELLI, D. et al. The meteoritic origin of Tutankhamun's iron dagger blade. *Meteoritics & Planetary Science*, v.51 n.7, p.1301-1309, 2016.
- JENSEN K. S. *Den indonesiske kris - et symbol og et væben*. Denmark: Devantier, 1998. 256p.
- JOHNSON, D. et al. Analysis of a prehistoric Egyptian iron bead with implications for the use. *Meteoritics & Planetary Science*, v.48, n.6, p.997-1006, 2013.
- LARSEN, K.; MCBEATH, A.; GHEORGHE, A. D. Meteor Beliefs Project: meteoritic weapons. *Proceedings of the International Meteor Conference*, Sibiu, Romania, 2011, p.137.
- RICKARD, T. A. The Use of Meteoric Iron. *The Journal of the Royal Anthropological Institute of Great Britain and Ireland*, v.71, n.1, p.55-66, 1941.
- ZUCOLOTTO, M. E.; FONSECA, A. C.; ANTONELLO, L. L. *Decifrando os Meteoritos*. Rio de Janeiro: Museu Nacional, 2013. 160p. (Série Livros, 52)