



Foto: Ricardo Dias e Rafael Sudano, 2019, a partir de pintura realizada pelos alunos do Colégio Pedro II, unidade São Cristóvão

Ciência Arqueológica, Arqueometalurgia e Tecnologias Aplicadas ao Patrimônio Arqueológico

INICIATIVAS NO CAMPO DA BIOLOGIA MOLECULAR E IMUNOLOGIA QUE DIMINUEM A QUANTIDADE DE MATERIAL ARQUEOLÓGICO UTILIZADO E MAXIMIZAM O DIAGNÓSTICO DE MAIOR NÚMERO DE AGENTES CAUSADORES DE DOENÇAS INFECTO-PARASITÁRIAS

Daniela Leles^{*},

Fernanda Guimarães^{**},

Elizabeth Alves^{**},

Bruna Saldanha^{**},

Elisa Pucu^{**}

Resumo

Um dos ramos da Paleoparasitologia permite estudar doenças infecto-parasitárias a partir de evidências diretas, pela recuperação de fragmentos de DNA ou Antígenos de agentes etiológicos, a partir de material arqueológico. Contudo, hoje não é mais cabível o uso indiscriminado de amostras e em grandes quantidades, dado a raridade do material que muitas vezes é único. Assim, desenvolver protocolos e inovar em estratégias que propiciem a conservação desse material são questões preponderantes para a Paleoparasitologia do futuro, e ressalta-se a importância da validação dessas metodologias primeiramente em modelos experimentais antes que sejam aplicadas ao material antigo. Na Universidade Federal Fluminense, a linha de pesquisa de Paleoparasitologia compõe o programa de Pós-graduação em Microbiologia e Parasitologia Aplicadas, e temos investido em iniciativas para preservação de amostras arqueológicas. Mostramos recentemente que o resíduo que sobra da extração de DNA e que normalmente é descartado pode ser usado para imunodiagnóstico, e o resíduo que

^{*} Professora e Pesquisadora da Universidade Federal Fluminense-UFF, Rua Professor Hernani Melo, n.101, sala 212D, Parasitologia, São Domingos, Niterói, RJ, CEP: 24230-130; dleles@id.uff.br

^{**} Discentes do Programa de Pós-Graduação em Microbiologia e Parasitologia Aplicadas da UFF.

sobra do imunodiagnóstico também pode ter seu DNA extraído: a validação foi feita para o protozoário intestinal *Giardia duodenalis* (Parasitology International, 2018), e agora estamos trabalhando em um modelo para *Cryptosporidium* spp. Também temos desenvolvido PCR (Polymerase Chain Reaction) Multiplex e Duplex que são capazes de identificar mais agentes etiológicos em uma única reação de PCR, portanto, usando menos material obtivemos sucesso até agora na identificação do helminto *Dipylidium caninum*, hospedeiro felino e pulgas (dados ainda não publicados), e estamos tentando padronização para identificação de triatomíneos, carrapato e piolho. Materiais arqueológicos como: coprólitos, sedimentos de latrinas, ossos, dentes e tecidos mumificados são fonte primordial para estudos paleoparasitológicos, ainda que preliminares os resultados são promissores e sem dúvida contribuirão para preservação do material arqueológico.

Palavras-chave: Paleoparasitologia; DNA antigo; Imunodiagnóstico; preservação.

Introdução

A Paleoparasitologia no Brasil completou 40 anos no ano de 2019 (VARGAS *et al.*, 2019) e foi nomeada por um pesquisador brasileiro, Dr. Luiz Fernando Ferreira (1936-2018) no final da década de 70, e desde então diversas pesquisas na área foram e vêm sendo realizadas. A linha de pesquisa se expandiu e hoje existem vários grupos de pesquisa atuando no tema, tanto no Brasil, quanto em outras partes do mundo.

A Paleoparasitologia conta parte da história evolutiva da vida na Terra a partir dos parasitos e microrganismos (LELES *et al.*, 2017) usando como fonte: coprólitos, fossas e latrinas, ossos, dentes, material mumificado, âmbar, dentre outros.

Por ser uma linha de pesquisa de natureza interdisciplinar, ela dialoga diretamente com a arqueologia, paleontologia, medicina, história, biogeografia, dentre várias outras áreas do conhecimento, por isso vai muito além do relato de achados de helmintos, protozoários, artrópodes, vírus, fungos e bactérias em material arqueológico e paleontológico. Através dessa ciência podemos pressupor hábitos culturais, interação com o meio ambiente e outros animais, contato entre os povos, rotas de migrações humanas e animais, modificações na paisagem, e o surgimento, espalhamento e circulação de patógenos, que podem inclusive influenciar o que hoje observamos no planeta (FERREIRA *et al.* 2011).

As grandes descobertas da Paleoparasitologia

Um estudo realizado por Dr. Adauto José Gonçalves de Araújo (1951-2015), pesquisador brasileiro e referência na área, pode corroborar e reafirmar que os primeiros habitantes

do continente americano também chegaram pelo mar, e não exclusivamente pelo Estreito de Bering (ARAUJO *et al.*, 2008). O que permitiu essa descoberta, foi o achado de "geohelmintos", que são parasitos que obrigatoriamente precisam passar pelo solo em condições ideais de temperatura, umidade e oxigenação para manter o ciclo no homem e ser transmitido aos demais. Assim, o encontro de parasitos que são específicos de humanos em coprólitos dos primeiros habitantes do continente americano, mostra que eles já chegaram parasitados na América, ficando comprovado que estes não passaram pelo estreito de Bering, pois o parasito não sobreviveria as temperaturas extremamente frias da Beringia.

No Brasil, achados de *Trypanosoma cruzi* em um corpo parcialmente mumificado que data do pré-contato, encontrado no Estado de Minas Gerais, mudou o que se conhecia sobre a epidemiologia desta parasitose em nosso país, mostrando que muito antes da colonização europeia o protozoário causador da Doença de Chagas já circulava e afetava nossos ancestrais (FERNANDES *et al.*, 2008). O que levou a suspeita de que aquele indivíduo poderia estar infectado com o protozoário, foi o encontro de uma grande massa fecal na região pélvica, o que poderia ser compatível com uma das formas digestivas da Doença na fase crônica, o quadro de "megacólon", as análises de DNA em fragmentos do tecido mumificado comprovaram a hipótese.

Análises de outro tripanossomatídeo, o *Trypanosoma lewisi*, em espécimes depositados em Museu comprovou a extinção de espécies de ratos nativos das Ilhas Christmas, no leste do Oceano Índico. Wyatt *et al.* (2008) conseguiram comprovar a hipótese levantada por Durham (1908) de que a espécie exótica *Rattus rattus* que foi introduzida naquele local estaria infectada por um tripanossomatídeo que foi transmitida as espécies de roedores nativos que não resistiram a esta nova doença, por serem susceptíveis e sensíveis a ela. Estudando as peles dos roedores depositadas nos museus Wyatt *et al.* (2008) encontraram DNA de *Trypanosoma lewisi* em espécimes dos roedores nativos *Rattus macleari* e *Rattus natwitatis* coletadas após a introdução da espécie hospedeira invasora, enquanto o mesmo não foi verificado em espécimes coletadas antes de *Rattus rattus* chegar à ilha. As espécies foram extintas em um período de apenas nove anos, entre 1899 e 1908.

Podemos ainda, por meio desta linha de pesquisa, saber quais alimentos eram consumidos, seu modo de preparo, e até mesmo determinar classes sociais. Por exemplo, o encontro de ovos do parasito *Taenia* spp. em material antigo proveniente de casas ocupadas pela nobreza francesa indicaram o consumo de carnes, e que estas não

estavam sendo bem cozidas. Já em material de período correlato provenientes da população mais pobre ovos desse cestódeo não foi encontrado, o que corrobora a informação de que a alimentação era a base de uma sopa com pequenos fragmentos de carne, mas que esses eram bem cozidos (BOUCHET *et al.*, 2003).

Há também a possibilidade de estudar hábitos que são persistentes na população até os dias atuais. Sianto *et al.* (2012) identificaram em coprólitos humanos encontrados no Estado do Piauí, ovos de um parasito, cujo hospedeiro natural são répteis, o encontro de escamas deste animal nas mesmas amostras onde foram identificados os ovos da família Pharyngodonidae, mostraram que répteis eram consumidos por aquela população ancestral, e bem provavelmente sem cocção. Nos vários abrigos sob rocha existentes na Serra da Capivara, no Piauí é frequente pinturas rupestres com desenhos de répteis; e até recentemente em épocas de extrema seca naquela região a população ainda tinha por hábito o consumo desses pequenos lagartos.

O âmbar é uma resina produzida por algumas espécies de vegetais que endurece quando exteriorizada, aprisionando pequenos artrópodes como insetos, ao endurecer o inseto fica preservado e também os parasitos por ventura a ele associados. Poinar Jr. (2005) descreve o achado de um triatomíneo em âmbar, nele havia uma gota fecal adjacente onde pode ser visualizado formas flageladas semelhantes a *Trypanosoma cruzi*. O âmbar estudado é proveniente da República Dominicana e pode ter até 45 milhões de anos. Após análises por microscopia, os parasitos foram nomeados de *Trypanosoma antiquus* sp. n., uma nova espécie. Na mesma peça de âmbar além de outros artrópodes hematófagos, também foram verificados pêlos semelhantes aos de morcego. A presença dos artrópodes associadas aos pêlos levou aos pesquisadores a levantar a hipótese de que a resina estava sendo depositada em uma cavidade de árvore habitada pelo hospedeiro mamífero, ou seja, provavelmente o morcego. Interessantemente os morcegos são considerados os hospedeiros originais para triatomíneos, e estes últimos são considerados os vetores originais de *Trypanosoma schizotrypanum*. Assim, *T. antiqua* sp. n. poderia ter parasitado morcegos, e este protozoário servindo de progenitor para linhagens que futuramente viriam a infectar outros mamíferos, dentre eles a espécie humana. Além da pesquisa supracitada há vários outros trabalhos com âmbar em que foram identificados diferentes artrópodes e formas primitivas de parasitos; em um dos trabalhos mais recentes, foram identificadas por meio da microscopia, espécies de carrapatos, que muito provavelmente se alimentavam do sangue de dinossauros com penas, não aviários (PEÑALVER *et al.*, 2017).

A paleoparasitologia também ajuda a reescrever eventos que fizeram parte da história da humanidade. Um dos maiores mistérios da história era a causa de morte do "Menino Faraó - Tutankamon", e a Paleoparasitologia, através da biologia molecular, recuperou dessa múmia vestígios de DNA do protozoário *Plasmodium falciparum* (HAWASS *et al.*, 2010). Como a saúde do Faraó já era debilitada, de fato ele pode ter falecido devido a complicações da malária, uma vez que a espécie parasitária encontrada é a mais agressiva.

As doenças também influenciaram as guerras. A documentação histórica relata que os soldados e nobres que fizeram parte das "Grandes Cruzadas" sofriam com diarreias crônicas. Em pelo menos uma dessas situações, a causa da diarreia pode ser comprovada, onde ao se estudar uma latrina que serviu aos "Cruzados", os pesquisadores detectaram antígenos de protozoários intestinais (MITCHELL *et al.*, 2008). Hoje também se acredita que além do frio pelo qual passaram os batalhões de Napoleão Bonaparte e que deflagrou o início da queda do seu Império, as doenças também podem ter comprometido a saúde dos soldados, pois encontraram nos dentes de boa parte daqueles soldados uma bactéria, *Bartonella quintana*, que causa uma doença popularmente conhecida como "febre das trincheiras", e que é transmitida pelo piolho do corpo, *Pediculus humanus humanus*. Em populações imunocomprometidas como fatalmente era o caso daqueles soldados, a doença pode ter os levado ao óbito, já que não tinham marcas de ferimentos por armas de guerra (RAOULT *et al.*, 2006).

Mais recentemente a "metagenômica" vem sendo empregada também em estudos paleoparasitológicos, e tem permitido acessar um nível de informação jamais imaginado, embora essa metodologia exija maior concentração e qualidade do material genético recuperado da amostra, o que nem sempre é possível. Usando essa técnica, pesquisadores descobriram estudando o cálculo dentário de diferentes "Neandertais" da Europa, que aqueles com abscessos dentários estavam consumindo plantas medicinais com o mesmo princípio ativo da "aspirina" (WEYRICH *et al.*, 2017).

Nessa breve revisão totalmente enviesada pelo olhar das autoras foram selecionados alguns trabalhos, e essa foi só uma pequena parte do que a Paleoparasitologia já permitiu "desvelar". Como seu viu por meio do estudo de vários materiais arqueológicos e paleontológicos as potencialidades da Paleoparasitologia são muitas e com o avanço tecnológico essa é uma área em expansão.

Estudos em modelos experimentais

Desde o surgimento da Paleoparasitologia quando novas metodologias ou processos serão empregados, em alguns casos eles envolveram previamente a aplicação em um "modelo experimental", e muitas vezes foram esses testes que permitiram posteriormente "as grandes descobertas" nesse campo do conhecimento. Assim, um pioneiro no uso de modelos experimentais, talvez tenha sido o próprio Sir Armand Ruffer, que é considerado o pai da Paleoparasitologia, pois, também contribuiu com estudos em múmias, onde desenvolveu uma solução para reidratar tecidos e encontrou ovos de *Schistosoma haematobium*, o que corroborou informações contidas em papiros onde é relatado que os egípcios sofriam com a hematúria (RUFFER, 1910).

Callen e Cameron (1960) desenvolveram uma solução para reidratar coprólitos, inicialmente visando itens da dieta, mas que posteriormente permitiu aos paleoparasitologistas empregar técnicas parasitológicas de fezes usualmente aplicadas ao material moderno, como por exemplo a sedimentação espontânea (LUTZ, 1919). Adamson (1976) estudou o efeito da dessecação sobre ovos de *Schistosoma mansoni* e *Schistosoma haematobium* em material experimental simulando em parte as condições do processo de mumificação do Egito Antigo. Fry (1977) avaliou em fezes dessecadas artificialmente os efeitos da desidratação sobre as formas fecais e sua cor, além do impacto sobre os ovos de helmintos. Reinhard *et al.* (1986) testaram diferentes metodologias para recuperar ovos de *Ascaris* sp. em material antigo.

Confalonieri *et al.* (1988) e Araújo *et al.* (1988) iniciaram as pesquisas experimentais da Paleoparasitologia no Brasil, onde os pesquisadores estudaram o efeito da dessecação em ovos de *Trichuris trichiura* e ancilostomídeos, respectivamente. O objetivo primordial de ambas as pesquisas era saber se haveria alteração morfológica nos ovos e se isso comprometeria o diagnóstico.

Em relação aos protozoários, Bastos *et al.* (1996) e Morocoima (2006) detectaram DNA de *T. cruzi* em tecidos e cartilagem de roedores infectados experimentalmente. Continuando com as análises de protozoários, Terra *et al.* (2004) e Leles *et al.* (2016) demonstraram a possibilidade de se estudar *Toxoplasma gondii* em tecidos dessecados experimentalmente e, nesse último caso, especialmente pela recuperação de fragmentos do DNA. Pesquisas com protozoários teciduais e sanguíneos são importantes para o estudo de ossos e tecidos.

Leles *et al.* (2014) realizaram estudos prévios em modelos experimentais e padronizaram o diagnóstico molecular para *Echinostoma* sp., um helminto que pode ser transmitido pelo

consumo de peixe cru, e posteriormente conseguiram recuperar DNA desse parasito em coprólito humano (datado do período 560+-40 antes do presente), até então só existia diagnóstico morfológico para esse parasito no registro antigo (SIANTO *et al.*, 2005), e que devido a morfologia similar dos ovos, trazia confusão para sua correta identificação.

Freire *et al.* (2015) constataram que não há necessidade da reidratação de coprólitos para extração do DNA, o que diminui a manipulação e conseqüentemente o tempo que o material fica exposto a contaminação ambiental, além de mostrarem que nas amostras não reidratadas a concentração do DNA foi maior.

Camacho *et al.* (2016) verificaram que a técnica mais efetiva para se concentrar ovos de parasitos em amostras de "sambaquis" é a sedimentação espontânea.

O estudo de artrópodes tem sido mais raro, mas Raoult *et al.* (2006) avaliaram diferentes técnicas para a recuperação de *Pediculus humanus humanus* em amostras de sedimento.

Torna-se importante salientar que em alguns dos casos supracitados os testes realizados foram feitos no próprio material antigo, e adicionalmente observamos que em grande parte das pesquisas a ideia inicial do uso de "modelos experimentais" não era primariamente pensando na "preservação do material arqueológico", visão que vem mudando nos últimos anos.

Uma colaboração da Universidade Federal Fluminense com a Fundação Oswaldo Cruz dentro do projeto "Estudos sobre a origem e evolução das doenças: desenvolvimento de protocolos aplicáveis em material de acervos e coleções" coordenado por Aduino Araújo e Sérgio Augusto de Miranda Chaves, financiado pelo edital INOVA-ENSP/Fiocruz e encerrado em 2016 permitiu a publicação de um e-book gratuito disponível no Repositório Institucional da Fundação Oswaldo Cruz por meio do link: <https://bvssp.icict.fiocruz.br/lildbi/docsonline/get.php?id=4949>. No livro em formato digital divulgamos protocolos que podem ser usados em materiais de acervos e coleções, onde o desenvolvimento em modelos experimentais foram fundamentais para o sucesso de algumas metodologias, e em apontar aquelas que permitiriam a otimização do uso das amostras antigas (LELES, 2016).

A importância das coleções para os estudos paleoparasitológicos

No Brasil a coleção Paleoparasitológica e de Fezes Recentes de Animais Luiz Fernando Ferreira lotada na Escola Nacional de Saúde Pública Sérgio Arouca (ENSP-Fiocruz-RJ)

foi agora incluída oficialmente entre as coleções biológicas da Fundação Oswaldo Cruz, e atualmente segundo a curadora Márcia Chame, dentre as amostras antigas, a coleção possui 2.977 lotes, dos quais 57% são coprólitos, 24% sedimentos de sítios arqueológicos, 3% sedimentos de urnas funerárias e latrinas, 3% de cabelos e pêlos, 3% de ossos e dentes, 3% de múmias e tecidos mumificados, além de material têxtil, adornos, penas; fragmentos vegetais, resina, dentre outros. As mais antigas são coprólitos do Triássico Médio, originárias de Santa Maria, no Rio Grande do Sul (VARGAS *et al.*; 2019). Adicionalmente a partir das pesquisas realizadas com um desses coprólitos do Triássico Médio, e que pertencia a um "cinodonte", foi possível identificar ovos de helmintos intestinais, o que trás à luz aspectos evolutivos importantes, uma vez que os "cinodontes" são considerados um grupo primitivo aos mamíferos (SILVA *et al.*, 2014; HUGOT *et al.*, 2014).

A oficialização da "coleção" é uma grande conquista para nosso país, pois, assegura a "guarda" e o estudo das amostras, mas principalmente nos lembra da importância da preservação e conservação de amostras raras, e do nosso compromisso enquanto pesquisadores e usuários em também zelar pelo material. Os estudos paleoparasitológicos quase sempre implicam no esgotamento da amostra, por isso é preciso avançar no desenvolvimento de protocolos que possam usar menor quantidade de material para atender maior número de usuários, e extrair mais informações das amostras. Ou ainda olhar para materiais alternativos, como (SLON *et al.*, 2017) que conseguiram recuperar DNA de hominídeos e animais extintos em sedimentos de cavernas, ou seja, sem necessariamente estudar diretamente os ossos.

Iniciativas recentes para preservação de material arqueológico no âmbito da Paleoparasitologia brasileira: resultados preliminares

Muitas vezes ideias inovadoras podem vir de fracassos ou frustrações. Em várias partes do mundo tem se usado a "metagenômica" para estudos de amostras antigas, que é capaz de fazer uma varredura de todo o DNA contido na amostra, mas, em geral grande concentração e alta qualidade do DNA são requeridas para o sucesso do ensaio. Tentamos realizar ensaio metagenômico em um fragmento de coprólito de "preguiça terrícola", *Nothrotherium maquinense*, porém, não tínhamos DNA em quantidade e qualidade suficiente para o ensaio, mas nesse procedimento a alíquota da amostra cedida para o ensaio molecular foi esgotada, e isso nos fez pensar em um experimento que pudesse resgatar algum dado daquele material. Em qualquer laboratório onde se

realiza extração de DNA moderno ou imunodiagnóstico normalmente o resíduo do processamento das amostras é jogado fora, mas quando trabalhamos com amostras raras normalmente acabamos guardando esses resíduos, ainda que em um primeiro momento não se tenha uma clara definição do que será feito deles. Mas, na situação exposta acima, resolvemos testar em um modelo experimental com amostras modernas se o resíduo que sobra da extração do DNA pode ser usado para o imunodiagnóstico, especificamente um teste imunocromatográfico, e vice-versa. O teste exitoso no modelo experimental propiciou posteriormente detectar por imunodiagnóstico a presença do protozoário intestinal *Giardia duodenalis* naquele resíduo da extração de DNA feito a partir do fragmento de coprólito da "preguiça terrícola", e também de uma "paleolhama" (LELES *et al.*, 2018). Esse estudo permitiu fazer inferências sobre aspectos evolutivos desse protozoário intestinal, uma vez que, na gruta onde foi encontrada a "preguiça terrícola" há pinturas rupestres, mostrando, portanto a presença humana, e o Prof. Cástor Cartelle, co-autor do trabalho e curador do Museu de Ciências Naturais da PUC de Belo Horizonte - MG, nos informou que encontrou nessa mesma gruta um osso úmero de outra espécie de preguiça extinta com sinais claros de descarnamento provocado pelo homem, ou seja, nossos ancestrais e esses animais extintos co-habitaram o mesmo ambiente. Atualmente muito se discute sobre o potencial zoonótico de *Giardia duodenalis*, ou seja, a transmissão do parasito do animal para a espécie humana, e vice-versa. Assim, será que já naquela época o ciclo zoonótico também não ocorria entre os nossos ancestrais e animais da megafauna? Agora pretendemos fazer um estudo similar a este para outros protozoários, iniciando pelo *Cryptosporidium* spp., resultados preliminares foram recentemente apresentados no 55º Congresso da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical, XXVI Congresso da Sociedade Brasileira de Parasitologia, ChagasLeish 2019, realizado em Belo Horizonte, Minas Gerais.

Outro desafio tem sido padronizar PCR multiplex e duplex, que como relatado anteriormente, contribuem para conservação do material arqueológico, pois a partir de menor quantidade de DNA e conseqüentemente menor quantidade de amostra é possível se detectar mais de um agente etiológico em uma mesma reação. Recentemente obtivemos sucesso na padronização em coprólito experimental para diferentes combinações de PCR duplex: *Dypilidium caninum*/Pulgas, Hospedeiro Felino/Pulgas, e Hospedeiro Felino/*D. caninum*, os resultados preliminares também foram apresentados no evento em Belo Horizonte supracitado. O passo posterior será aplicar a metodologia em uma amostra de coprólito sabidamente positiva para esse helminto. A pesquisa será importante para o estudo do helminto *D. caninum* e dos vetores principais que são as

pulgas *Ctenocephalides felis* e *Ctenocephalides canis* a partir de coprólitos, pois esse parasito é transmitido através da ingestão das pulgas, indo se instalar no intestino de cães e gatos, e acidentalmente do homem. Supomos que essa parasitose tem sido subestimada nas pesquisas paleoparasitológicas, pois o diagnóstico até o momento realizado é o morfológico, assim a fragmentação das estruturas seja do helminto ou do vetor podem comprometer a identificação desses agentes etiológicos. Já para o diagnóstico molecular não há necessidade da integridade morfológica das estruturas. Adicionalmente o estudo também pode ajudar na identificação do hospedeiro gerador do coprólito, quando estes forem felinos.

Pretendemos dar continuidade a padronização de PCR multiplex também para triatomíneos, carrapatos e piolhos, e até o momento obtivemos êxito para padronização de PCR convencional para os dois últimos (PUCU *et al.*, 2019). A busca de artrópodes em coprólitos ainda é pouco explorada pela Paleoparasitologia, porém, eles podem ser uma pista inicial sobre a ocorrência de diversas doenças infecto-parasitárias em populações antigas, uma vez que vários artrópodes são vetores de patógenos. Assim, os coprólitos, também podem ser um material alternativo ou complementar de estudo para infecções que anteriormente só eram pesquisadas a partir de ossos, dentes e tecidos mumificados.

Frente a atual situação econômica do país, o desenvolvimento e inovações em protocolos que utilizam ferramentas de diagnóstico menos onerosas que a "metagenômica" permitirão a continuidade das pesquisas paleoparasitológicas no Brasil, assim como contribuirão para "Arqueologia" e "Paleontologia" do futuro ao desenvolver protocolos que usam menor quantidade de material, e portanto, ajudam a preservar amostras raras para as futuras gerações.

Gostaríamos de ressaltar que um "futuro profissional" consciente da importância da preservação e da conservação do patrimônio arqueológico e paleontológico pode e deve ser estimulado desde a primeira infância. Assim, a Paleoparasitologia tem também investido em projetos de Educação e Divulgação Científica por meio de oficinas e produção de materiais de acesso aberto como livros, atividades, jogos, dentre outros. Foi criado um blog (<https://paleoparasitologiaparatodos.wordpress.com/sobre/>) para deposição de parte desse material (LELES; GUIMARÃES, 2018). A primeira iniciativa foi a produção de um livro de história e cartilha de atividades financiados pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ) e cuja finalidade é apresentar a Paleoparasitologia para o público infantil, ambos foram depositados no Repositório

Institucional da UFF e podem ser baixados gratuitamente por meio dos links: <https://app.uff.br/riuff/handle/1/4016> e <https://app.uff.br/riuff/handle/1/4017> (LELES, 2017; LELES e GUIMARÃES, 2017). Agora estamos finalizando um livro paradidático também de acesso aberto e que será destinado à Educação Básica, onde o professor terá autonomia para apresentar conteúdos dentro da Paleoparasitologia, e onde sugerimos diversas atividades que poderão ser realizadas dentro do tema, o resultado preliminar desse trabalho também foi apresentado no evento da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical e Parasitologia realizado em Belo Horizonte, 2019. Temos a convicção de que os materiais contribuirão para uma "Educação" e "Ciência" aberta de qualidade e ajudarão a formar cidadãos conscientes da importância da preservação do "Patrimônio Arqueológico e Paleontológico".

Agradecimentos

Os autores agradecem às agências de fomento FAPERJ, CAPES (código 001), CNPq e PROEX, aos laboratórios multiusuários de microbiologia e parasitologia, e de criogenia da UFF, e à plataforma de sequenciamento RPT01A da Fiocruz, pelo uso de suas instalações e/ou equipamentos para realização de parte dos experimentos.

Referências

- ADAMSON, P. B. Schistosomiasis in antiquity. *Medical History*, v. 20, n. 2, p. 176-88, 1976.
- ARAUJO, Adauto. Dessecação experimental de fezes contendo ovos de ancilostomídeos. In: FERRREIRA, Luiz Fernando; ARAUJO, Adauto; CONFALONIERI, Ulisses (Org.). *Paleoparasitologia no Brasil*. Rio de Janeiro: Editora PEC/ENSP, 1988. p. 111–112.
- ARAUJO, Adauto *et al.* Parasites as probes for prehistoric human migrations? *Trends Parasitol*, v. 24, n. 3, p. 112-115, 2008.
- BASTOS, Otílio Machado *et al.* Experimental paleoparasitology: identification of *Trypanosoma cruzi* DNA in desiccated mouse tissue. *Paleopathology newsletter*, v. 94, p. 5-8, 1996.
- CALLEN, E. O.; CAMERON, T. W. M. A prehistoric diet revealed in coprolites. *New Scientist*, v. 8, p. 35-40, 1960.
- BOUCHET, Françoise *et al.* The state of the art of paleoparasitological research in the Old World. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, v. 98, suppl. 1, p. 95-101, 2003.
- CAMACHO, Morgana *et al.* Investigation of biodegradation in three different sediment cores from a shellmound (sambaqui) of Brazil, using *Ascaris lumbricoides* eggs as a model. *Journal of Archaeological Science: Reports*, v. 9, p. 358-365, 2016.
- CONFALONIERI, Ulisses *et al.* The experimental approach to paleoparasitology: desiccation of *Trichuris Trichiura* eggs. *Paleopathology newsletter*, v. 51, p. 9-11, 1985.

- DURHAM, H. E. Notes on Nagana and on some Haematozoa observed during my travels. *Parasitology*, v.1, p. 227-235, 1908.
- FERNANDES, Alexandre *et al.* Pre-Columbian Chagas disease in Brazil: *Trypanosoma cruzi* I in the archaeological remains of a human in Peruaçu Valley, Minas Gerais, Brazil. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, v. 103, n. 5, p. 514-516, 2008.
- FERREIRA, Luiz Fernando; REINHARD, Karl; ARAUJO, Adauto. *Fundamentos da Paleoparasitologia*. 1. ed. Rio de Janeiro: Editora Fiocruz, 2011.
- FREIRE, Andressa *et al.* It is needless to rehydrate archeological samples to extract ancient DNA. *Parasitology International*, v. 64, n. 5, p. 303-304, 2015.
- FRY, Gary F. Analysis of prehistoric coprolites from Utah. *Anthropological Papers*, v. 97, n. 1, p. 1-25, 1977.
- HAWASS, Zahi *et al.* Ancestry and Pathology in King Tutankhamun's Family. *JAMA*, v. 303, n. 7, p. 638, 2010.
- HUGOT, Jean-Pierre *et al.* Did the dinosaurs have pinworms? Discovery of a 240 million year old nematode parasite egg in a cynodont coprolite sheds light on the early origin of nematode parasites in vertebrates. *Parasites & Vectors* v.7, p. 486, 2014.
- LELES, Daniela *et al.* Insights about echinostomiasis by paleomolecular diagnosis. *Parasitology International*, v. 63, n. 4, p. 646-649, 2014.
- LELES, Daniela. *Guia Prático: protocolos para o estudo de doenças infecto-parasitárias em amostras de acervo e coleções*. 1. ed. Rio de Janeiro: Albatroz, 2016. Disponível em <<https://bvssp.icict.fiocruz.br/lildbi/docsonline/get.php?id=4949>>. Acesso em: 10 dez. 2019
- LELES, Daniela. A vida dos nossos tá-tá-tá...tataravós. Poços de Caldas: Editora Tagarela, 2017. Disponível em: <<https://app.uff.br/riuff/handle/1/4016>>. Acesso em: 10 dez. 2019
- LELES, Daniela; GUIMARÃES, Fernanda. Quem estuda a vida dos nossos tá-tá-tá...tataravós? Poços de Caldas: Editora Tagarela. Disponível em: <<https://app.uff.br/riuff/handle/1/4017>>. Acesso em: 10 dez. 2019.
- LELES, Daniela *et al.* Methodological innovations for the study of irreplaceable samples reveal giardiasis in extinct animals (*Nothrotherium maquinense* and *Palaeolama maior*). *Parasitology International*, v. 67, n. 6, p. 776-780, dez. 2018.
- LELES, Daniela; GUIMARÃES, Fernanda. Desenvolvimento de “jogos abertos” para a divulgação científica na Educação Básica. *Cadernos de Biblioteconomia, Arquivística e Documentação*, v. 1, n. 1, p. 222-226, 2018.
- LUTZ, Adolpho. O *Schistosomum mansoni* e a Schistosomatose segundo observações, feitas no Brazil. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, v. 11, n. 1, p. 121-155, 1919.
- MITCHELL, Piers D. *et al.* Dysentery in the crusader kingdom of Jerusalem: an ELISA analysis of two medieval latrines in the City of Acre (Israel). *Journal of Archaeological Science*, v. 35, n. 7, p. 1849-1853, 2008.
- MOROICOIMA, Antonio *et al.* *Trypanosoma cruzi*: experimental parasitism of bone and cartilage. *Parasitology Research*, v. 99, n. 6, p. 663-668, 2006.
- PEÑALVER, Enrique *et al.* Ticks parasitised feathered dinosaurs as revealed by Cretaceous amber assemblages. *Nature communications*, v.8, n.1, p. 1924, 2017.
- POINAR Jr., George. *Triatoma dominicana* sp. n. (Hemiptera: Reduviidae: Triatominae), and *Trypanosoma antiquus* sp. n. (Stercoraria: Trypanosomatidae), the First Fossil

Evidence of a Triatomine-Trypanosomatid Vector Association. *Vector-borne and Zoonotic Diseases*, v. 5, n.1, 2005.

PUCU, Elisa *et al.* Identification of Arthropods By Polymerase Chain Reaction As Probes For Infectious Disease Studies In Experimental Coprolites. *The Journal of parasitology*, v. 105, n. 1, p. 133-134, 2019.

RAOULT, Didier *et al.* Evidence for Louse-Transmitted Diseases in Soldiers of Napoleon's Grand Army in Vilnius. *The Journal of Infectious Diseases*, v. 193, n. 1, p. 112-120, 2006.

REINHARD, Karl *et al.* Recovery of parasite remains form coprolites and latrines: aspects of paleoparasitological technique. *Anthropology Faculty Publications*, v. 1, n. 1, p. 83-108, 1986.

RUFFER, Armand M. Note on the presence of "Bilharzia haematobia" in egyptian mummies of the twentieth dynasty [1250-1000 B.C.]. *British medical journal*, v. 1, n. 2557, p. 16, 1910.

SIANTO, Luciana *et al.* The finding of *Echinostoma* (Trematoda: Digenea) and hookworm eggs in coprolites collected from a Brazilian mummified body dated 600–1,200 years before present. *Journal of Parasitol*, v. 91, p. 972-975, 2005.

SIANTO, Luciana *et al.* Eating lizards: a illenary habit evidenced by Paleoparasitology BMC Research Notes, v.5, p.586, 2012.

SILVA, Priscilla A. *et al.* A new ascarid species in cynodont coprolite dated of 240 million years. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v. 86, n. 1, p.265-269, 2014.

SLON, Viviane *et al.* Neandertal and Denisovan DNA from Pleistocene sediments. *Science*, v. 356, n. 6338, p. 605-608, 2017.

TERRA, Márcia Andreia Barge Loução *et al.* Detection of *Toxoplasma gondii* DNA by polymerase chain reaction in experimentally desiccated tissues. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, v. 99, n. 2, p. 185-188, 2004.

VARGAS, Tatiane; LOUSADA, Kath; BOAR, Cristiane. *Paleoparasitologia, ciência na qual os mortos ensinam os vivos, celebra 40 anos - Informe ENSP*. Disponível em: <<http://www.ensp.fiocruz.br/portal-ensp/informe/site/materia/detalhe/45582>>. Acesso em: 16 ago. 2019.

Wyatt, Kelly B. *et al.* Historical Mammal Extinction on Christmas Island (Indian Ocean) Correlates with Introduced Infectious Disease. *PLoS ONE*, v.3, n.11, p. e3602, 2008.

WEYRICH, Laura S. *et al.* Neanderthal behaviour, diet, and disease inferred from ancient DNA in dental calculus. *Nature*, v. 544, n. 7650, p. 357-361, 2017.

ESTUDOS ARQUEOMETALÚRGICOS DE ARTEFATOS FORJADOS SUPOSTAMENTE UTILIZANDO FERRO METEORÍTICO

Felipe Abrahão Monteiro^{*}

Maria Elizabeth Zucolotto^{**}

Amando Araujo Tosi^{***}

Resumo

Foram realizadas investigações arqueometalúrgicas em três artefatos de ferro acondicionados no Museu Nacional/UFRJ: uma ponta de flecha indígena brasileira e duas adagas *kris* típicas do arquipélago Malaio. As análises, de caráter científico, basearam-se no estudo arqueológico-tipológico dos objetos, na ciência dos materiais e em observações metalográficas. Foi demonstrado que o uso de metodologias de análise química como microscopias ótica e eletrônica, além de testes de microdureza podem ajudar a revelar informações relevantes sobre objetos de ferro antigos, incluindo seu processo de fabricação, além de fornecer dados confiáveis acerca da proveniência de suas ligas metálicas. No estudo da ponta de flecha, foram identificadas duas fases metálicas, uma rica em níquel (Fe- γ) e outra pobre (Fe- α), condizente com as fases taenita e kamacita de meteoritos de ferro. Em relação às adagas *kris*, concluiu-se que a de lâmina reta não possui origem meteorítica devido, principalmente, à ausência de níquel em sua liga; enquanto que a de lâmina sinuosa apontou três fases: duas com níquel (uma rica e outra pobre) e uma com ferro-carbono. Entretanto, o cobalto

^{*} Setor de Meteorítica do Museu Nacional/Universidade Federal do Rio de Janeiro (MN/UFRJ), Quinta da Boa Vista, São Cristóvão, Rio de Janeiro, RJ, CEP: 20940-040; famont@globo.com. Geólogo, M.Sc., Doutorando no Programa de Pós-graduação em Geologia (PPGL), do Instituto de Geociências (IGEO), da UFRJ.

^{**} Setor de Meteorítica do Museu Nacional/Universidade Federal do Rio de Janeiro (MN/UFRJ), Quinta da Boa Vista, São Cristóvão, Rio de Janeiro, RJ, CEP: 20940-040; meteoritos@mn.ufrj.br. Astrônoma, M.Sc. em Geologia e D.Sc. em Engenharia Metalúrgica e de Materiais, todos pela UFRJ. Curadora da Coleção de Meteoritos, Laboratório Extraterrestre (LABET) do Departamento de Geologia e Paleontologia (DGP) do MN/UFRJ.

^{***} Laboratório de Difração de Raios X e Microsonda Eletrônica (LABSONDA) do Departamento de Geologia do Instituto de Geociências (IGEO) da UFRJ, Cidade Universitária, Fundão, Rio de Janeiro, RJ, CEP 21941-909; amandatosi@hotmail.com. Química, M.Sc. em Geologia, Doutoranda no Programa de Pós-graduação em Geologia (PPGL), do IGEO/UFRJ.

apresentou-se em concentrações abaixo do esperado em meteoritos metálicos. A microestrutura da ponta de flecha mostrou martensita no meio da seção, com Fe- α recristalizado e Fe- γ precipitado nas bordas dos grãos. Na escala Vickers, a microdureza da martensita foi de até 450 HV e das fases com níquel, 190 HV. Enquanto que a adaga *kris* de lâmina sinuosa mostrou apenas recristalização de grãos de Fe- α (160 HV) e bandas de Fe- γ (350 HV). O estudo de ambos os 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. Assim, o presente trabalho busca também fornecer um protocolo que possa ser aplicado a objetos arqueológicos, cuja origem do ferro é desconhecida.

Palavras-chave: Meteorítica; Ferro Meteorítico; Arqueometalurgia; Adagas *Kris*; Ponta de Flecha

Introdução

Os meteoritos desempenham 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.

A evidência sugere que nenhuma grande importância foi atribuída ao ferro meteorítico por causa de sua proveniência “celestial”, mas, sim, à sua morfologia e eficácia. Aqueles do tipo metálico constituíam excelente matéria-prima para o fabrico dos mais diversos utensílios e objetos de ataque e defesa, havendo indícios de que foram utilizados com esse fim pelos mais variados povos, como os egípcios, as tribos indígenas americanas e os esquimós (BURKE, 1986). Alguns hieróglifos egípcios mostram que esta civilização tinha o conhecimento de que os meteoritos vinham do espaço, designando-os por “ferro celeste”.

Apesar de relatos sobre “pedras que caíam do céu” existirem desde os primórdios da antiguidade, a Ciência só foi aceitar a natureza extraterrestre dos meteoritos há pouco mais de 200 anos. O ferro ocorre raramente em estado nativo, podendo ser obtido em meteoritos. A queda deles a partir do céu fornecia ao homem um metal de excelência notável (RICKARD, 1941).

O Setor de Meteorítica do Museu Nacional (LABET – MN/UFRJ) desenvolve um trabalho pioneiro de reconhecimento e identificação de meteoritos no Brasil. Três artefatos, cuja origem meteorítica é controversa, geraram o tema da dissertação do primeiro autor no Programa de Pós-graduação em Geociências, ênfase em Patrimônio Geopaleontológico (PPGEO), do MN/UFRJ. Um destes artefatos é uma ponta de flecha indígena brasileira,

da coleção de Etnologia do MN/UFRJ, e os outros dois são adagas da Indonésia – uma de lâmina de formato sinuoso e outra, reto. Para o desenvolvimento deste trabalho, foram escolhidos estes mesmos artefatos, a fim de serem caracterizados utilizando técnicas científicas.

A metodologia adotada visou à execução de análises químicas não destrutivas, na sua maioria, através do emprego de técnicas de microscopia qualitativa e quantitativa. Estes estudos mineralógicos e metalográficos, utilizando além da microscopia ótica, recursos do microscópio eletrônico de varredura e da microsonda eletrônica, contribuíram com informações inéditas que permitiram recuperar um pouco da história pretérita destes objetos e valorizar o acervo do Museu Nacional, colaborando assim para expandir o conhecimento e a compreensão da origem dos artefatos.

Ligas Metálicas

Segundo Callister (2000), na classificação de ligas metálicas de ferro, com base nos teores de carbono (C) e/ou níquel (Ni), existem cinco tipos básicos: ferro puro (telúrico), aço, ferro forjado, ferro fundido e ferro meteorítico.

O ferro (Fe) puro contém menos que 0,008% C e é composto à temperatura ambiente quase que exclusivamente pela fase ferrita (Fe- α).

As ligas que contém entre 0,008% e 2,14% C são classificadas como aços. Na maioria dos aços, a microestrutura consiste em uma combinação de Fe- α com um composto intermediário chamado cementita (Fe₃C), proporcionando ótimas propriedades mecânicas (fase perlita). A maior fração volumétrica de cementita resulta em alta dureza e resistência à abrasão, mas também em maior fragilidade (GOODWAY, 1998).

Na produção de ferro forjado, o ferro é extraído dos minérios utilizando uma temperatura de cerca de 800°C, sendo a reação química principal a da redução da hematita por monóxido de carbono, o que origina ferro metálico e dióxido de carbono. Para a redução ocorrer dentro do forno, é necessário haver uma quantidade suficiente de monóxido de carbono e, simultaneamente, manter temperaturas entre 1150 a 1350°C para que aconteça separação de grande parte das impurezas contidas nos minérios de ferro (SCOTT; EGGERT, 2009).

Inicialmente, a massa obtida é heterogênea e composta, sobretudo, de Fe- α , inclusões, quantidades consideráveis de carvão e minério de ferro não reduzido. A presença,

embora em pequenas quantidades, de determinados elementos na massa de ferro tem consequências nas suas propriedades (GALE, 1990).

Esta massa de ferro, para poder ser utilizada no fabrico de objetos, tem que ser aquecida até atingir a temperatura de forjamento e poder ser trabalhada. O Fe- α , ao ser aquecido a temperaturas acima de 910°C, transforma-se em austenita (Fe- γ), fase metálica relativamente fácil de forjar. Ao aplicar uma temperatura de cerca de 1200°C, o minério de ferro transforma-se em uma matéria esponjosa chamada “ferro pudlado”, contendo muitas inclusões e, também, escórias (TYLECOTE, 1992). Para reduzir a quantidade de escória, o “ferro esponjoso” é então martelado. O resultado é um material heterogêneo, dúctil, maleável e facilmente soldado chamado “ferro forjado” com uma quantidade média de 0,1% C (TYLECOTE & BLACK, 1980). Esta limitação técnica refletiu-se na composição química e na eficiência da remoção de escórias, e condicionou o processo metalúrgico até o final do século XVIII (SCOTT; EGGERD, 2009).

Segundo Tylecote (1992), só a partir do século XVIII, os ferros fundidos começaram a ser utilizados na Inglaterra, quando novas técnicas foram desenvolvidas, tais como a fundição do ferro em areia e com carvão. São classificados como ligas ferrosas que contém entre 2,14% e 6,70% C, além de menor teor de outros elementos. O desenvolvimento tecnológico permitiu atingir altas temperaturas de fusão (1400°C a 1540°C) do Fe- α , gerando o Fe- δ e/ou solução líquida. As propriedades do ferro fundido podem ser controladas pela adição de vários elementos à liga, apresentando boa fluidez, dureza e resistência ao desgaste, mas tende a ser frágil.

A estrutura de aços e ferro fundido pode oscilar entre diferentes microestruturas como resultado de quantidades de C, diferentes elementos de liga, temperatura do tratamento térmico e taxa de resfriamento. Quando o aço perlítico é aquecido a uma temperatura mais alta (912°C) e rapidamente resfriado (temperado) para a temperatura ambiente, é formada a martensita (estado metaestável). Esta tem alta dureza, mas também é muito frágil (CALLISTER, 2000).

Desde o período Neolítico (6000 a 3000 a.C.) o ferro meteorítico já estava disponível. Este ferro caracteriza-se por ser uma liga Fe-Ni e, geralmente, apresentar de 4,3 a 34% Ni, 0,4 a 1,0% cobalto (Co) e até 0,2% C. Elementos como enxofre (S) e fósforo (P) estão presentes em quantidades variadas, enquanto que outros elementos são encontrados em ppm, tais como gálio, germânio e ouro. No entanto, quanto maior for a porcentagem de Ni mais difícil é o ferro de ser trabalhado. Não existem minérios que consigam este nível de Ni de forma homogênea por fundição direta (BUCHWALD, 1975).

A técnica do forjado a quente foi muito praticada no ferro meteorítico, pois os objetos produzidos por martelamento a frio tinham tendência para abrir trincas que se propagam ao longo de planos cristalinos. Deste modo, a fabricação dos objetos foi realizada por têmpera ou forjamento a quente para a produção de pequenos artefatos. Foi observado que pode haver um aumento de Ni num ferro forjado por enriquecimento da superfície durante a oxidação de ferro, que era mais oxidável quando pré-aquecido antes de ser forjado. Elevadas laminações de Ni podem ser introduzidas dobrando, martelando e soldando a mesma peça repetidamente (BUCHWALD; MOSDAL, 1985).

Sorby (1887) já apontava que mudanças estruturais eram produzidas nos meteoritos do tipo octaedrito pelo reaquecimento, levando ao desaparecimento das figuras de *Widmanstätten*. O tratamento prolongado a quente e a temperaturas elevadas provoca, ao longo do tempo, a mudança na microestrutura característica do ferro meteorítico (TYLECOTE, 1992).

Segundo Perry (1944), um aquecimento a 550°C por muitas horas é suficiente para produzir granulação na kamacita, enquanto um aquecimento de 1000°C já dissolve fosfetos. Na entrada da atmosfera, o meteorito sofre aquecimento superficial que modifica sua estrutura, conhecida como zona afetada pelo calor. Nesta zona, as consequências do aquecimento são visíveis, pois ocorre desaparecimento das Linhas de Neumann (maclas de deformação), granulação da kamacita, e alterações e difusão parcial da schreibersita (fosfeto), da plessita e de partículas da taenita.

Estas mudanças na estrutura se refletem na microdureza da liga. Os meteoritos apresentam feições que são resultados de várias combinações de choques e reaquecimentos no espaço e na entrada atmosférica.

Material

Os materiais utilizados neste trabalho são os exemplares de uma ponta de flecha indígena brasileira e duas adagas da Indonésia, *kris* ou *keris*, supostamente manufaturados com ferro meteorítico, que serão detalhados a seguir.

- ***Ponta de Flecha***

Inicialmente, foi realizado um levantamento acerca de flechas com ponta de metal no banco de dados do Laboratório de Pesquisas em Etnicidade, Cultura e Desenvolvimento (LACED), do Setor de Etnologia, do MN/UFRJ. A pesquisa retornou com 14 exemplares (Figura 1) compatíveis que, posteriormente, foram submetidos a análises preliminares

com objetivo de identificar indícios de Ni em suas ligas metálicas.

Estas análises foram executadas com dimetilglioxima, método que confere à reação química uma cor rosada a avermelhada para presença de Ni. Apenas uma apresentou tal coloração, enquanto as demais indicaram cores alaranjadas, gerando certa dúvida.

A fim de esclarecer essas incertezas, as pontas de flecha foram levadas para um analisador por fluorescência de raios X (XRF) portátil. O equipamento permite a identificação e análise de maneira rápida, simples e qualitativa por ensaios não destrutivos, necessitando, apenas, encostar-se à superfície do material para gerar resultados. Dentre todas as flechas analisadas, somente uma indicou concentrações entre 3,63 a 5,05% de Ni (Figura 2), sendo, desta forma, separada das demais, enquanto as outras foram devolvidas ao LACED.

Assim, foi realizada uma pesquisa histórica na Seção de Memória e Arquivo do Museu Nacional/UFRJ (SEMEAR), a fim de se obter maiores informações sobre a ponta de flecha estudada. Este material é proveniente de uma tribo indígena brasileira, localizada no Rio Negro (Amazonas) e foi adquirido durante uma expedição oficial do comandante Lemos Basto, entre 1933 e 1934, sendo tombado sob o número 33.980 na coleção de Etnologia do MN/UFRJ, em 1945.

A ponta de metal da flecha (Figura 3) possui uma forma, predominantemente, lanceolada com pedúnculo, sendo colocada sobre a haste ou a vareta (1,53 m) e ligada ao corpo da flecha por um cordão. Suas dimensões aproximadas são (10,0 x 3,2 x 0,15)cm.

Chiara (1986) e Métraux (1986) destacaram que os vários tipos conhecidos de pontas de ferro são provenientes de adaptação de material alienígena obtido de arame ou lâminas de faca, podendo ser também utilizadas em arpões e lanças. Ademais, a comercialização com os índios pelos portugueses e espanhóis contribuiu para o aumento da popularidade destas armas entre muitas tribos do alto Amazonas e seus tributários.



Figura 1 – As 14 flechas com ponta de metal pertencentes à coleção do LACED, do Setor de Etnologia, do MN/UFRJ.

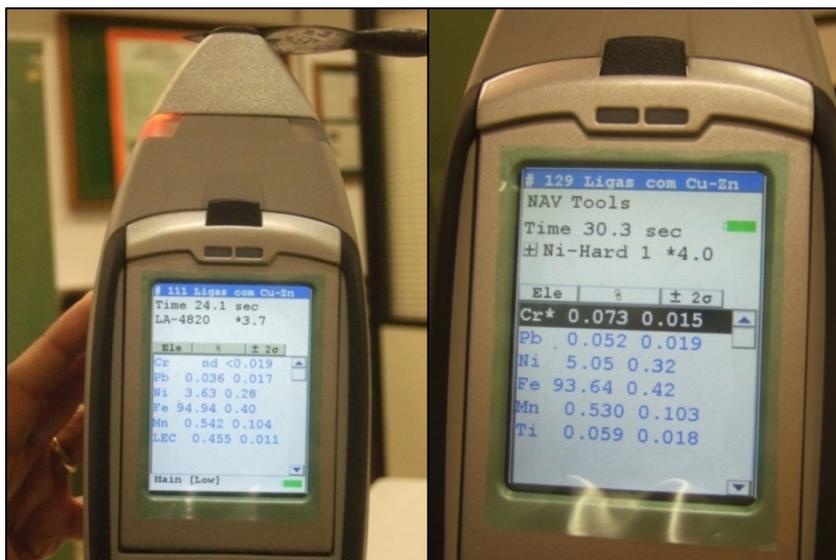


Figura 2 – Dentro de todas as flechas analisadas por XRF portátil, somente o primeiro exemplar à esquerda (indicado na figura anterior) apontou concentrações entre 3,63 a 5,05% de Ni.



Figura 3 – A ponta de flecha em estudo tombada sob o número 33.980 na coleção do Setor de Etnologia do MN/UFRJ, em 1945.

- **Adagas Kris**

As duas adagas – uma de lâmina reta (Figura 4) e outra, sinuosa (Figura 5) – são conhecidas como *kris* ou *keris* e foram adquiridas pela pesquisadora Maria Elizabeth Zucolotto, atual chefe do Setor de Meteorítica do MN/UFRJ, através de *e-commerce* (loja virtual *eBay*), em 2009. Ambas não receberam número de tomo pela necessidade inicial de comprovação da origem meteorítica de suas lâminas.

As *kris* são adagas assimétricas típicas do arquipélago Malaio cujos exemplares mais antigos conhecidos datam do século X e, provavelmente, espalharam-se a partir da ilha de Java para todo Sudeste Asiático.

Estas adagas podem ser divididas em três partes: lâmina (*bilah* ou *wilah*), punho ou cabo (*hulu*) e bainha ou capa (*warangka*). Lâminas de *kris* são geralmente estreitas com uma base robusta e tanto o cabo quanto a capa são muitas vezes feitas de madeira, embora exemplos de marfim, até mesmo de ouro, não faltem.

O valor estético da *kris* abrange o *dhapur* (a forma e design da lâmina), o *pamor* (o padrão de decoração da liga de metal sobre a lâmina) e o *tangguh*, referindo-se a sua idade e origem. A lâmina é confeccionada em camadas de diferentes minérios de ferro, podendo ou não estar enriquecidos em níquel, e naquelas de alta qualidade, o metal é dobrado dezenas ou centenas de vezes, sendo tratado com o máximo de precisão (JENSEN, 1998).

As *kris* foram usadas em cerimônias especiais, sendo lâminas de herança transmitidas através de sucessivas gerações. Homens e mulheres podem usá-las, embora aquelas para as mulheres sejam menores. Segundo Jensen (1998), uma rica espiritualidade e mitologia desenvolveram-se em torno da arma, sendo também usada para exibição, como talismãs com poderes mágicos, herança santificada, equipamento auxiliar para soldados da corte, acessório para o vestido cerimonial, indicador de status social e símbolo de heroísmo.

Em 2005, a Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO) concedeu o título de “Obra-prima do Patrimônio Oral e Intangível da Humanidade” às *kris* da Indonésia, sendo incluída, em 2008, na “Lista Representativa do Patrimônio Cultural Imaterial da Humanidade”. A medida adotada pela agência especial da ONU visa garantir a melhor proteção do patrimônio histórico-cultural imaterial e a consciência de sua importância, abrangendo as expressões culturais e as tradições que um grupo de indivíduos preserva em respeito da sua ancestralidade para as gerações futuras.

Ambas as adagas estudadas apresentam tanto o cabo quanto a capa fabricados em madeira, entretanto, a de lâmina sinuosa possui adornos mais bem trabalhados. As dimensões da adaga de lâmina reta são (44,0 x 2,2 x 0,2)cm, enquanto as da sinuosa, (50,0 x 2,5 x 0,3)cm.



Figura 4 – Adaga *kris* de lâmina reta com sua respectiva capa de madeira.



Figura 5 – Adaga *kris* de lâmina sinuosa com sua respectiva capa de madeira. Destaque para os adornos mais bem trabalhados em sua lâmina e capa.

Metodologia

Devido à importância e raridade destes objetos, a preparação deve ser realizada cuidadosamente, assim como a maioria das análises efetuada utilizando métodos analíticos não destrutivos, a fim de preservar a integridade dos artefatos. Para analisar as estruturas metálicas, foi necessária a utilização de um protocolo com informações sobre química, mineralogia e tratamento dessas ligas (ZUCOLOTTO *et al.* 2013).

A primeira etapa consistiu no exame laboratorial com teste de dimetilgloxima após ataque químico com ácido nítrico (ácido nítrico a 2% diluído em álcool a 2%).

Posteriormente, foram preparadas seções polidas e/ou embutimento de resina, nas quais os minerais e o tratamento térmico sofrido pelas ligas metálicas podem ser estudados no Microscópio Ótico (MO) através de observações em luz refletida e por testes de metalografia de cor e microdureza Vickers.

A partir destes conhecimentos iniciais, os materiais foram levados ao Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV) e/ou à Microsonda Eletrônica (EPMA) para proceder com as análises químicas qualitativas e quantitativas das ligas, gerando resultados, respectivamente, por detector EDS (Sistema de Energia Dispersiva) e WDS (Sistema de Dispersão por Comprimento de Onda). Com estes equipamentos, podem-se adquirir de forma rápida mapeamentos composicionais, perfis químicos e imagens eletrônicas por Elétrons Retroespalhados (BSE) (DEDAVID *et al.* 2007). Por serem objetos metálicos, ou seja, condutores de corrente elétrica, não necessitam ser previamente metalizados para serem analisados em ambos os equipamentos.

As primeiras observações quantitativas realizadas detectaram os teores de Ni, Fe e Co nas ligas metálicas, encontrados 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.

Instrumentação

Nos tópicos abaixo, serão descritos detalhadamente os sistemas analíticos utilizados para diagnóstico dos materiais desde as etapas preliminares.

- **Exames Laboratoriais**
 - *Preparação de Amostras*

A preparação das amostras foi realizada no Laboratório de Meteorítica (LABET), do Departamento de Geologia e Paleontologia (DGP), do Museu Nacional/UFRJ. De acordo com Zucolotto (1988), a preparação de uma superfície para exames macroscópicos envolve os passos preliminares da preparação para o exame microscópico, que são os seguintes:

- a) Superfície Plana: Pode ser obtida por intermédio de uma serra, em geral o ciclotron ou eletroerosão ou disco de abrasivo carborundum (carbeto de silício). No entanto, deve-se tomar o cuidado para que a amostra não seja muito aquecida (utiliza-se um lubrificante [água] durante o processo);

- b) Polimento: É obtido ao passar a superfície serrada por várias granulometrias de lixas (100, 220, 320, 400, 500, 600, 1200), da mais grossa a mais fina, tomando-se o cuidado de, cada vez que se passar para uma lixa mais fina, girar a amostra de tal modo que os sulcos da lixa mais fina fiquem mais ou menos perpendicular aos da anterior. Deve-se tomar a precaução de só se passar de uma granulometria para outra após todos os sulcos da lixa anterior terem sido eliminados. Ao se chegar à lixa 400, o polimento já é suficiente para exames macroscópicos, entretanto, sob o microscópio, a superfície aparecerá ainda com vários sulcos, sendo necessário continuar o processo até chegar à lixa mais fina, com a utilização de pastas de diamante (6, 3 e 1 micra) (Figura 6);
- c) Embutimento: Para o estudo das adagas, foi necessário impregnar pequenas amostras de cada objeto com resina epóxi (índice de refração semelhante ao do vidro). Estas foram extraídas da ponta da proeminência metálica (cilíndrica) que se liga ao cabo, a fim de não comprometer a integridade dos artefatos (Figura 7), sendo geradas quatro amostras: duas de seções transversais e duas, longitudinais. Para o corte, utilizou-se uma serra diamantada circular bem fina para se perder o mínimo de material.
- d) Ataque Químico: Em geral, o ataque é feito por imersão da amostra em nital, durante um período de aproximadamente 20 segundos, assim a microestrutura é revelada (*Widmanstätten*, Bandas de Neumann, martensita, etc.).



Figura 6 – O polimento da ponta da flecha foi realizado por uma poltriz semiautomática da marca *Struers*, modelo *DP-10*, no LABET, do MN/UFRJ.

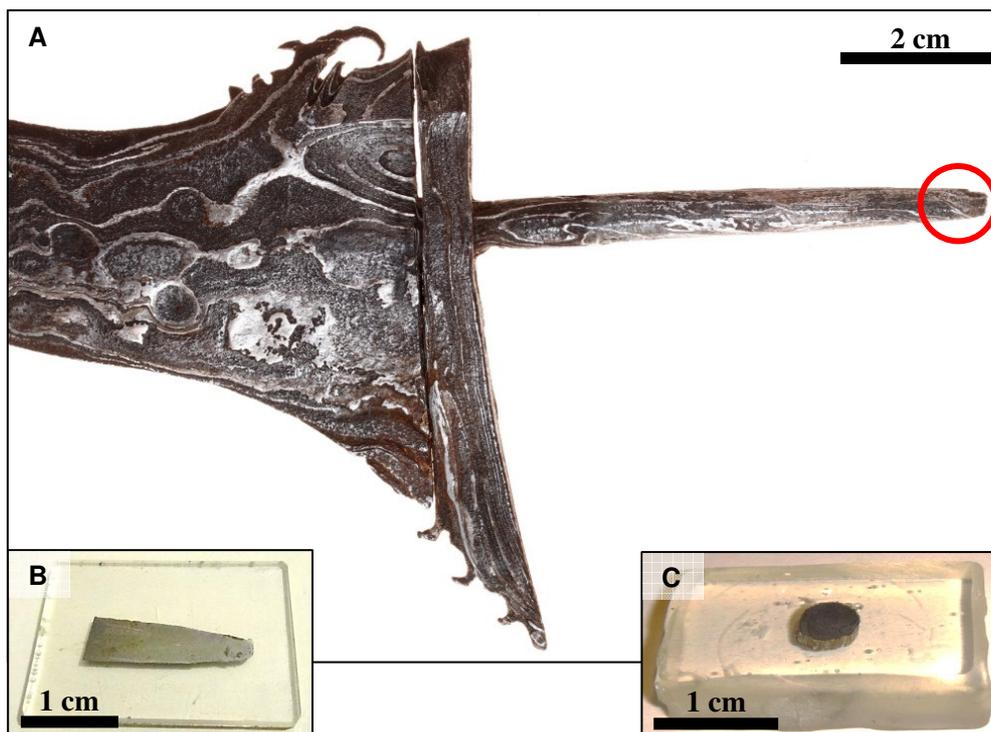


Figura 7 – A) Detalhe da adaga *kris* de lâmina sinuosa sem o cabo, indicando a área da ponta metálica (cilíndrica) onde foi realizado o corte; **B)** e **C)** Embutimentos realizados, respectivamente, de uma seção longitudinal e transversal com resina epóxi.

○ *Teste de Dimetilgloxima*

Para identificar a presença de Ni nas ligas metálicas dos artefatos, aplicou-se um processo de coloração qualitativa por dimetilgloxima. Resumidamente, a superfície é revestida com gelatina, imersa em ácido nítrico muito diluído, depois numa solução alcalina de dimetilgloxima em água. O efeito esperado é desenvolver nitrato de níquel na superfície abaixo da gelatina, em quantidades proporcionais ao teor de Ni na área aplicada. A dimetilgloxima penetra então na gelatina e produz o precipitado vermelho característico, fraco ou forte, uma vez que o teor de Ni varia. Entretanto, os resultados são incertos e o sucesso deste método, aparentemente, depende do grau de variação entre os teores de Ni da taenita e da kamacita (PERRY, 1944).

Os três artefatos foram submetidos ao teste, sendo que apenas a ponta de flecha e a adaga de lâmina sinuosa (Figura 8) apresentaram, em geral, uma coloração rosada.

○ *Metalografia de Cor*

A metalografia de cor acrescenta uma dimensão extra ao estudo da microestrutura de meteoritos, cujos reagentes são muito sensíveis à composição da fase e a outros efeitos, como a orientação do cristal (VOORT, 2001). No entanto, ao contrário do nital, onde a

força do ataque varia de acordo com a orientação do cristal, de modo que nem toda a estrutura é devidamente revelada, os ataques coloridos mostram diferenças de orientação do cristal por variações de cor.

Existem vários ataques químicos que funcionam muito bem com os meteoritos, tais como: metabissulfito de sódio ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$), o metabissulfeto de potássio ($\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_5$) e o tiosulfato de sódio ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$).

Os ataques coloridos também são sensíveis às variações de composição química e aos efeitos da deformação residual, permitindo a identificação de fases sem necessidade de usar microscopias eletrônicas. O método consegue, inclusive, distinguir os carbetos cementita e cohenita, não colorindo este último, que é comum em meteoritos (VOORT, 2001).

O teste foi realizado com os reagentes metabissulfeto de potássio e tiosulfato de sódio na ponta de flecha e na adaga de lâmina sinuosa (Figura 9), apresentando resultados condizentes com as fases ferrita (kamacita) e austenita (taenita) dos meteoritos.

o *Teste de Microdureza Vickers*

A técnica é de grande utilidade na identificação de minerais e no tratamento térmico sofrido pelas ligas metálicas. A microdureza das fases também serve como indicativos de choques e aquecimentos sofridos pelo material durante sua forja.

Utilizamos para os testes o microdurímetro *DURIMET*, da marca *Leitz*, com pirâmide de diamante e carga de 100 gf (Figura 10A). Foram realizadas 25 medições (em HV) na ponta de flecha e na adaga sinuosa, sendo necessárias para se obter uma média de dureza confiável nas diversas fases e minerais (Figura 10B).



Figura 8 – Teste de dimetilglioxima realizado na adaga *kris* de lâmina sinuosa, apresentando uma tonalidade rosa acastanhado, o que indica possível presença de Ni.

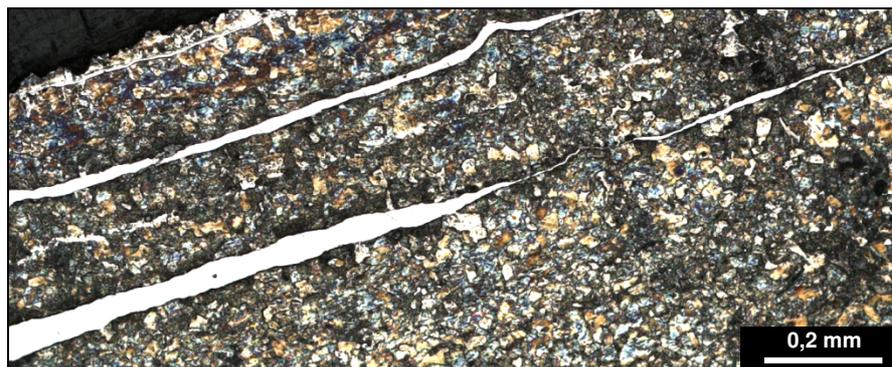


Figura 9 – Ataque colorido realizado na seção longitudinal da adaga *kris* de lâmina sinuosa, evidenciando duas fases: uma rica (taenita – bandas brancas) e outra pobre em Ni (kamacita – grãos coloridos).

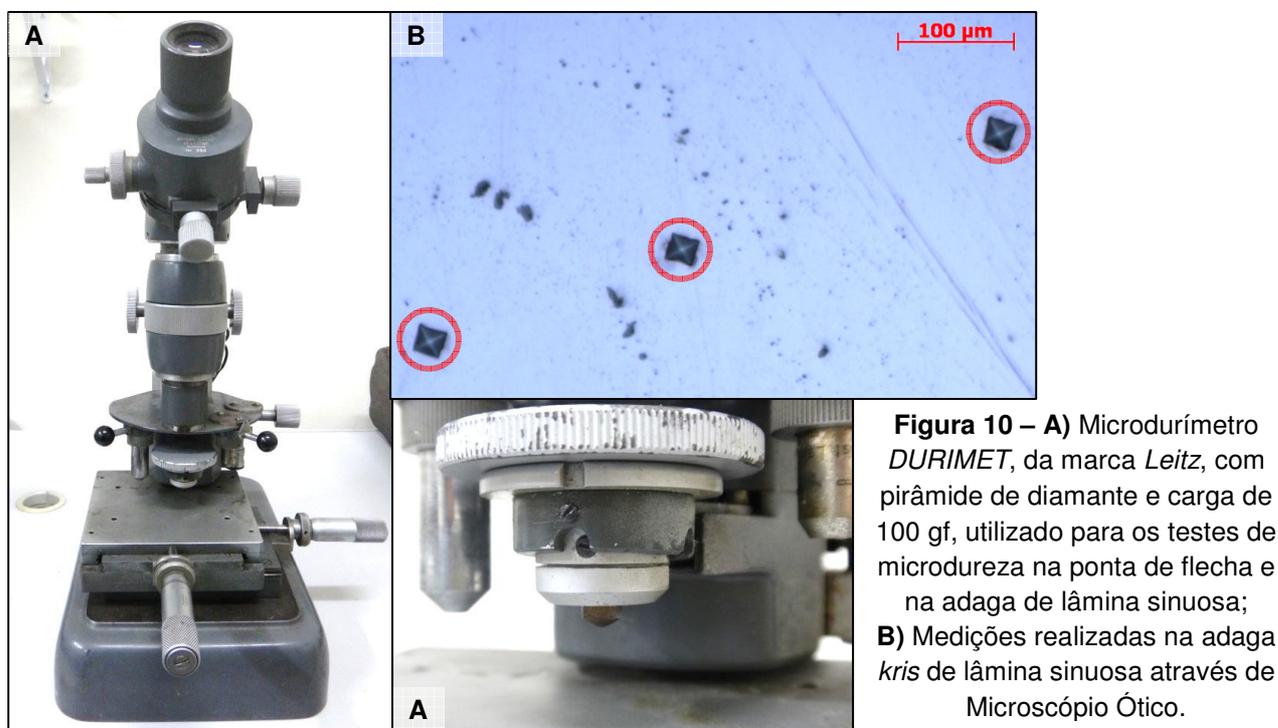


Figura 10 – **A)** Microdurímetro *DURIMET*, da marca *Leitz*, com pirâmide de diamante e carga de 100 gf, utilizado para os testes de microdureza na ponta de flecha e na adaga de lâmina sinuosa; **B)** Medições realizadas na adaga *kris* de lâmina sinuosa através de Microscópio Ótico.

- ***Espectrometria de Fluorescência de Raios X (XRF)***

Para as análises preliminares das pontas de ferro das flechas, foi utilizado um analisador portátil por fluorescência de raios X (XRF), da marca *Niton* e modelo *XL3t Thermo* (Figura 11A), no Centro de Pesquisas de Energia Elétrica (CEPEL), na Unidade Fundação (Campus da UFRJ). As curvas de calibração foram construídas a partir dos padrões de dois meteoritos metálicos cujas composições eram previamente conhecidas (Figura 11B). Estes foram analisados utilizando a XRF e os valores obtidos foram equacionados junto com as proporções de cada elemento presente em cada amostra, criando uma curva de calibração para cada elemento a ser analisado.

- **Microscópio Ótico (MO)**

As imagens das seções polidas e/ou embutimento de resina foram obtidas em luz refletida e registradas através de uma câmera digital (*AxiCam HRc*) adaptada aos seguintes microscópios da marca *ZEISS*: um de modelo *Axio Imager 2* (Figura 12A), no Laboratório Multiusuário de Caracterização Tecnológica (LMCT), do Centro de Tecnologia Mineral (CETEM), na Ilha do Fundão (Campus da UFRJ); e outro de modelo *Axioskop 40* (Figura 12B), no Laboratório de Petrografia e Mineralogia (PETROMIN), do Departamento de Geologia e Paleontologia (DGP), no Museu Nacional/UFRJ. Após serem salvas como arquivo digital (.TIFF), foram utilizados os programas *Adobe Bridge CS6* para unir as fotos e *Adobe Photoshop CS6* para finalizar o tratamento das imagens.

- **Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV)**

Os materiais foram analisados no MEV, de marca *FEI* e modelo *Quanta 400* (Figura 13), no LMCT, do CETEM. As análises químicas foram executadas com detectores EDS, operando a 20 kV de tensão de aceleração de elétron, *spot size 5* e analisadas através de imagens formadas pelo detector BSE. Por serem ligas metálicas, não foi necessário efetuar recobrimento dos mesmos.

- **Microsonda Eletrônica (EPMA)**

Os mesmos materiais foram submetidos à análise química de EPMA, da marca *JEOL* e modelo *JXA8230* (Figura 14A), no Laboratório de Microsonda Eletrônica da UFRJ (LABSONDA). Para tal, utilizaram-se detectores EDS e WDS com 20 KeV de tensão aplicada, corrente de 20 nA, 1 μm de diâmetro do feixe eletrônico e analisados mediante imagens formadas por BSE. Assim como no MEV, não foi preciso metalizar as amostras (Figura 14B).

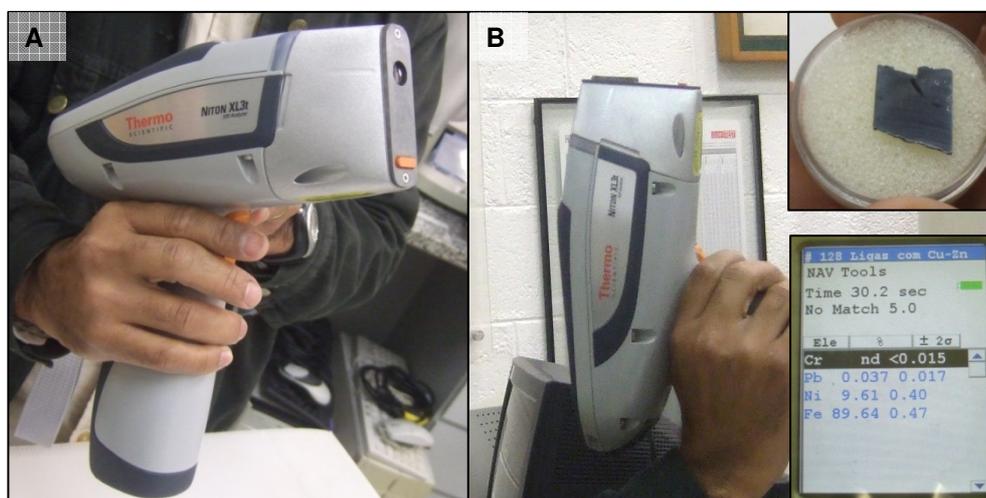


Figura 11 – A) Analisador portátil por fluorescência de raios X (XRF) utilizado nas análises preliminares das pontas de flecha; **B)** Para calibração do equipamento foram utilizados os valores de base de duas amostras conhecidas de meteoritos metálicos.

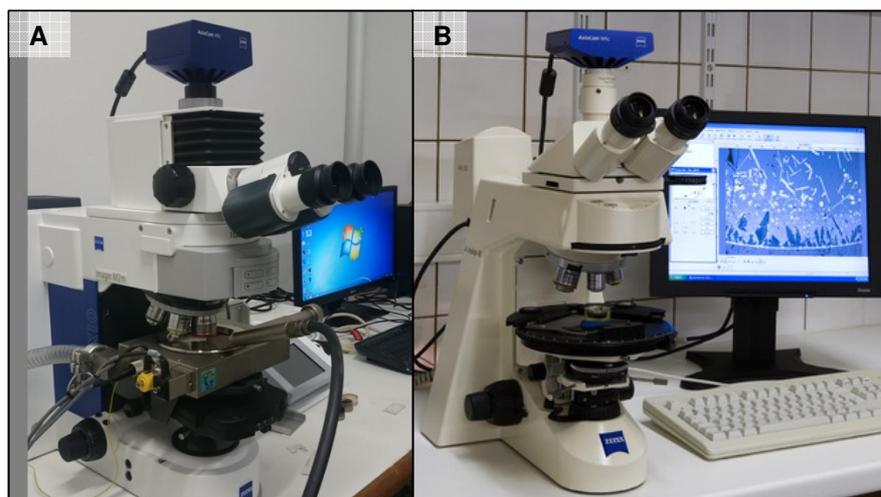


Figura 12 – A) Microscópio Ótico ZEISS (*Axio Imager 2*) do LMCT (CETEM);
B) Microscópio Ótico ZEISS (*Axioskop 40*) do PETROMIN (MN/UFRJ).

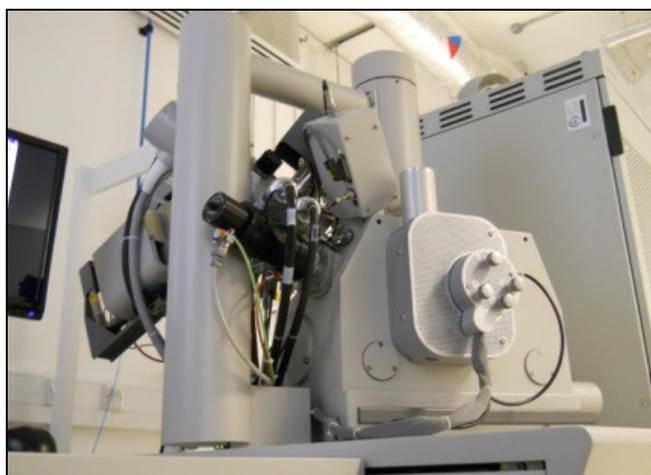


Figura 13 – Microscópio Eletrônico de Varredura FEI (*Quanta 400*) do LMCT (CETEM).

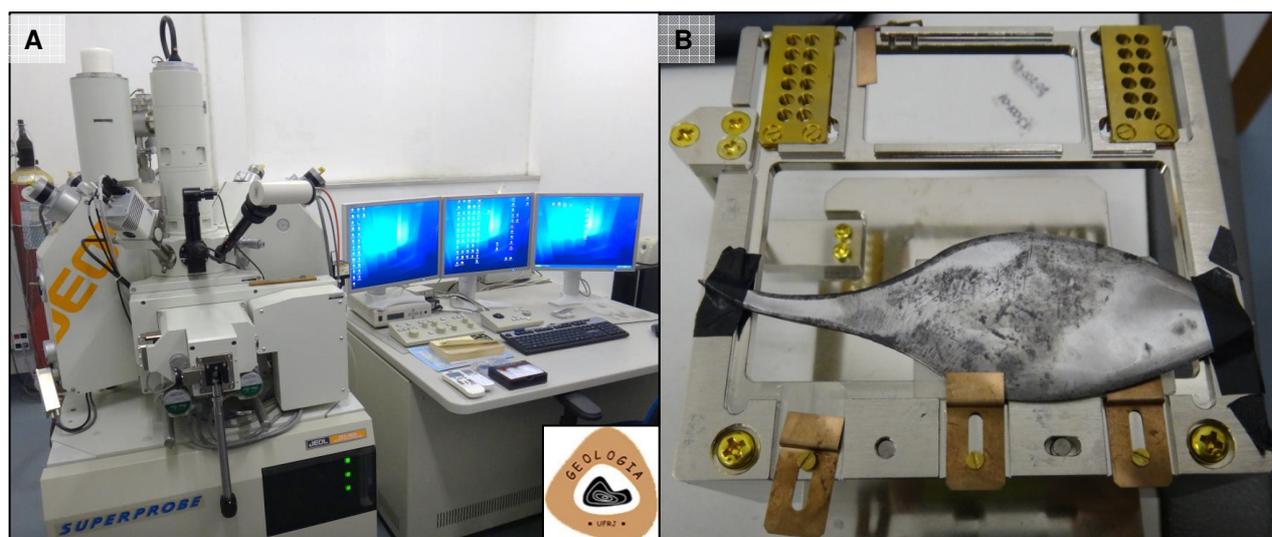


Figura 14 – A) Microsonda Eletrônica JEOL (*JXA8230*) do LABSONDA (IGEO/UFRJ);
B) Porta amostra utilizado na EPMA para análise da ponta de flecha.

Resultados e Discussão

- **Ponta de Flecha**

Através das análises efetuadas, foi possível identificar características compatíveis com ligas forjadas a partir de ferro meteorítico (presença de Ni, principalmente). A fim de averiguar mais detalhadamente sua composição química, o material foi submetido a exames de microscopia eletrônica.

No MEV/EDS, a ponta da flecha apresenta aproximadamente 3,5% Ni em uma fase e 13% Ni em outra, sendo gerada imagem por BSE (Figura 15) e espectros composicionais (Figura 16A e 16B). Em seguida, foi analisada pela EPMA/EDS-WDS, para melhorar a precisão quantitativa, sendo possível identificar duas fases deste metal, uma entre 3% e 10% e outra com até 20%. Os elementos C, Co e P foram identificados abaixo de 1% em ambos os métodos.

Posteriormente, foi submetida à microscopia ótica para estudos relacionados ao tratamento térmico sofrido por suas ligas metálicas. É possível observar dois padrões de textura: martensítico (Figura 17A) e recristalizado com a fase rica em Ni precipitada nos contornos de grãos (Figura 17B).

Os grãos recristalizados são da fase ferrita ($Fe-\alpha$) e formam-se, preferencialmente, próximos a inclusões, que podem ter diminuído o ponto de recristalização do metal. Nestas partes, a fase rica em Ni se concentra nas bordas dos contornos de grãos, assemelhando-se aos carbeto (cementita) nas ligas de Fe-C. Porém, segundo Voort (2001), a cementita no aço nunca contém Ni ou Co, o que poderia corroborar sua relação com a fase taenita dos meteoritos.

Obtiveram-se as seguintes médias de durezas que variavam de 190 HV para as áreas recristalizadas e de 270 a 450 HV para as áreas martensíticas, cujos valores estão consistentes com ligas meteoríticas forjadas (kamacita e martensita). Devido às partes das bordas encontrarem-se mais duras e encruadas que na parte central, é possível constatar que a ponta da flecha sofreu tratamento térmico de têmpera.

A análise metalográfica (Figura 18) mostra que a ponta de flecha foi forjada e trabalhada a quente até chegar ao formato final, ou seja, foi submetida à temperatura acima da zona crítica de recozimento da liga Fe-Ni e posterior têmpera. Devido aos tratamentos térmicos utilizados, foi possível conferir uma dureza elevada à ponta de flecha.

Nota-se, também, que a maioria das inclusões é composta por manganês (Mn), acima de 2%, e proveniente, provavelmente, de algum material de escória (impurezas). Ademais,

observa-se que os locais das inclusões estão mais afundados, indicando haver um polimento mais frequente nestas áreas. Tal procedimento pode ter sido realizado por pensar se tratar de oxidação. Desde as análises preliminares, esta ponta de flecha se destacava das demais devido ao seu brilho, relacionado ao polimento que se manteve por muito mais tempo.

As pequenas inclusões encontradas indicam a possibilidade de se tratar de um “ferro forjado” obtido de um fundido possivelmente a partir de ferro meteorítico com outra liga metálica. Este tipo de ferro, quando ainda pastoso, concentra certa quantidade de escória que consegue ser expulsa por forjamento da época (fortes marteladas). Como este processo não consegue eliminar a maior parte das impurezas, explicam-se, assim, os pontos escuros visíveis a olho nu.

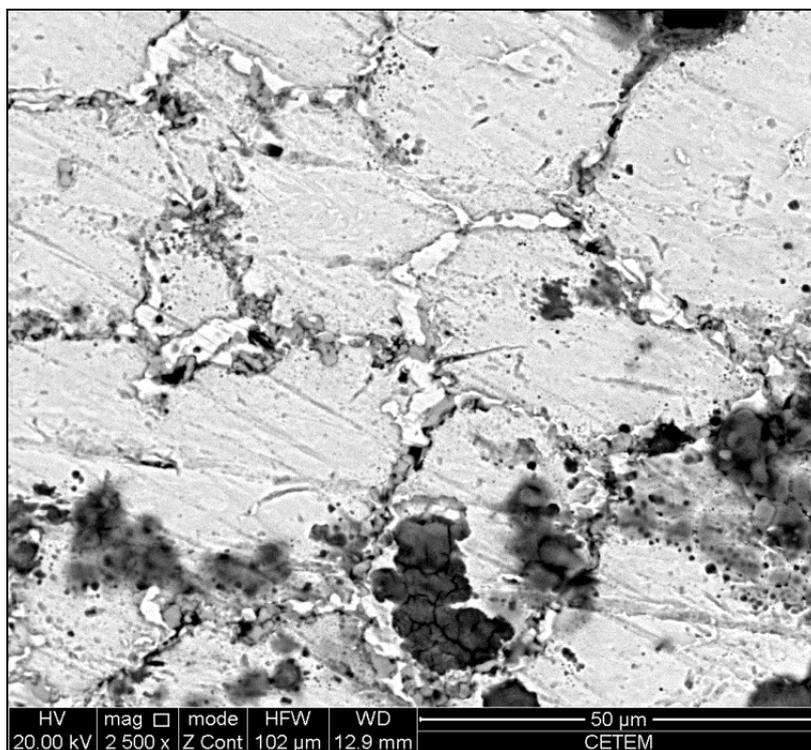


Figura 15 – Imagem eletrônica por BSE (MEV) da ponta de flecha: áreas mais brancas são mais ricas em Ni, enquanto áreas mais cinzas, menos.

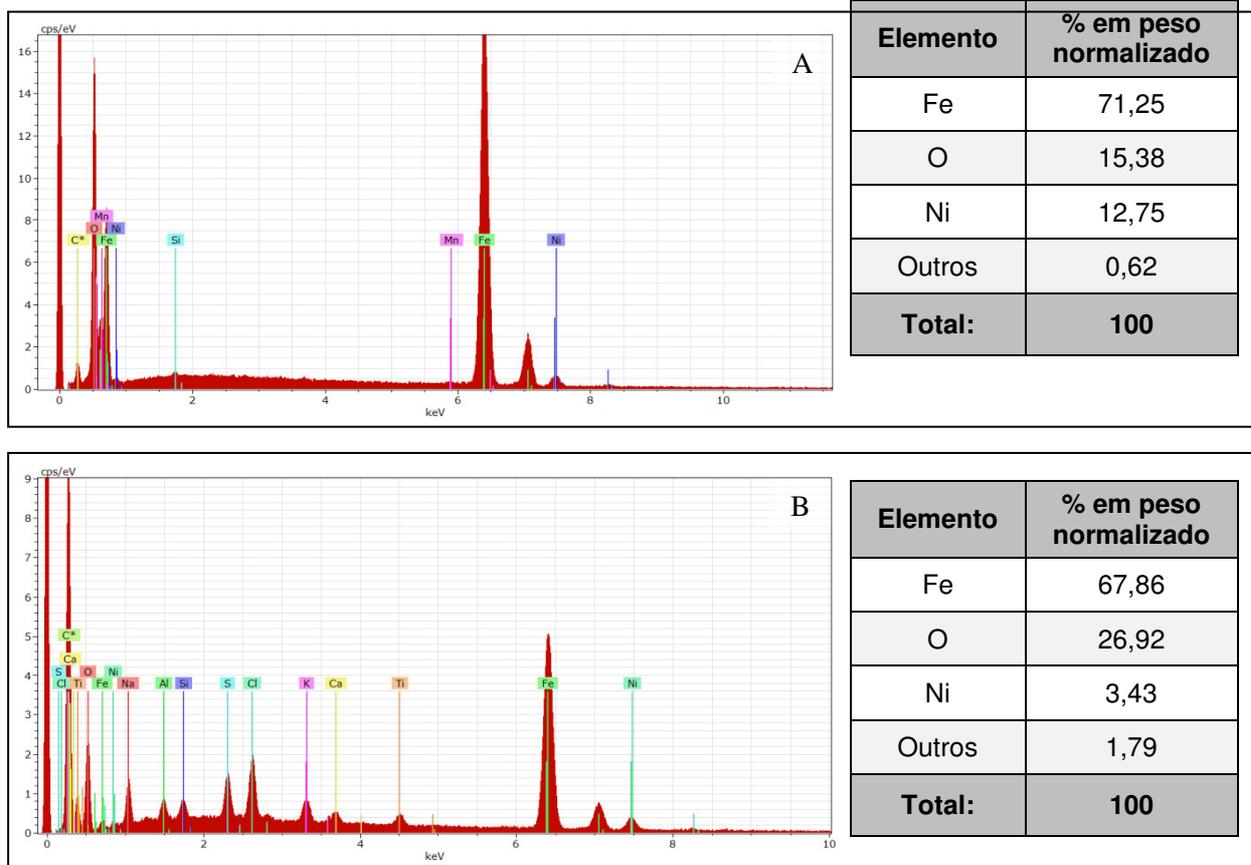


Figura 16 – Espectros composicionais gerados por MEV/EDS mostrando as fases mais rica (A) e mais pobre (B) em Ni da ponta de flecha.

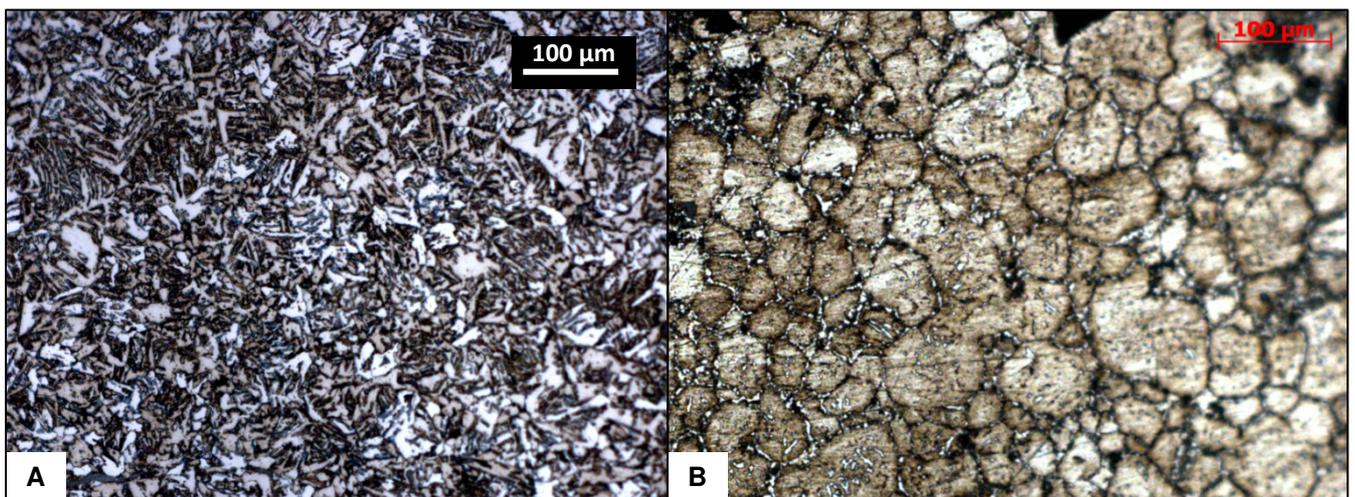


Figura 17 – Fotomicrografias em luz refletida mostrando as duas fases mais proeminentes da ponta da flecha: **A)** Martensita; **B)** Zona recristalizada com contornos de grãos a 120° e grãos equiaxiais, sendo possível observar precipitados de fase mais rica em Ni em seus contornos.

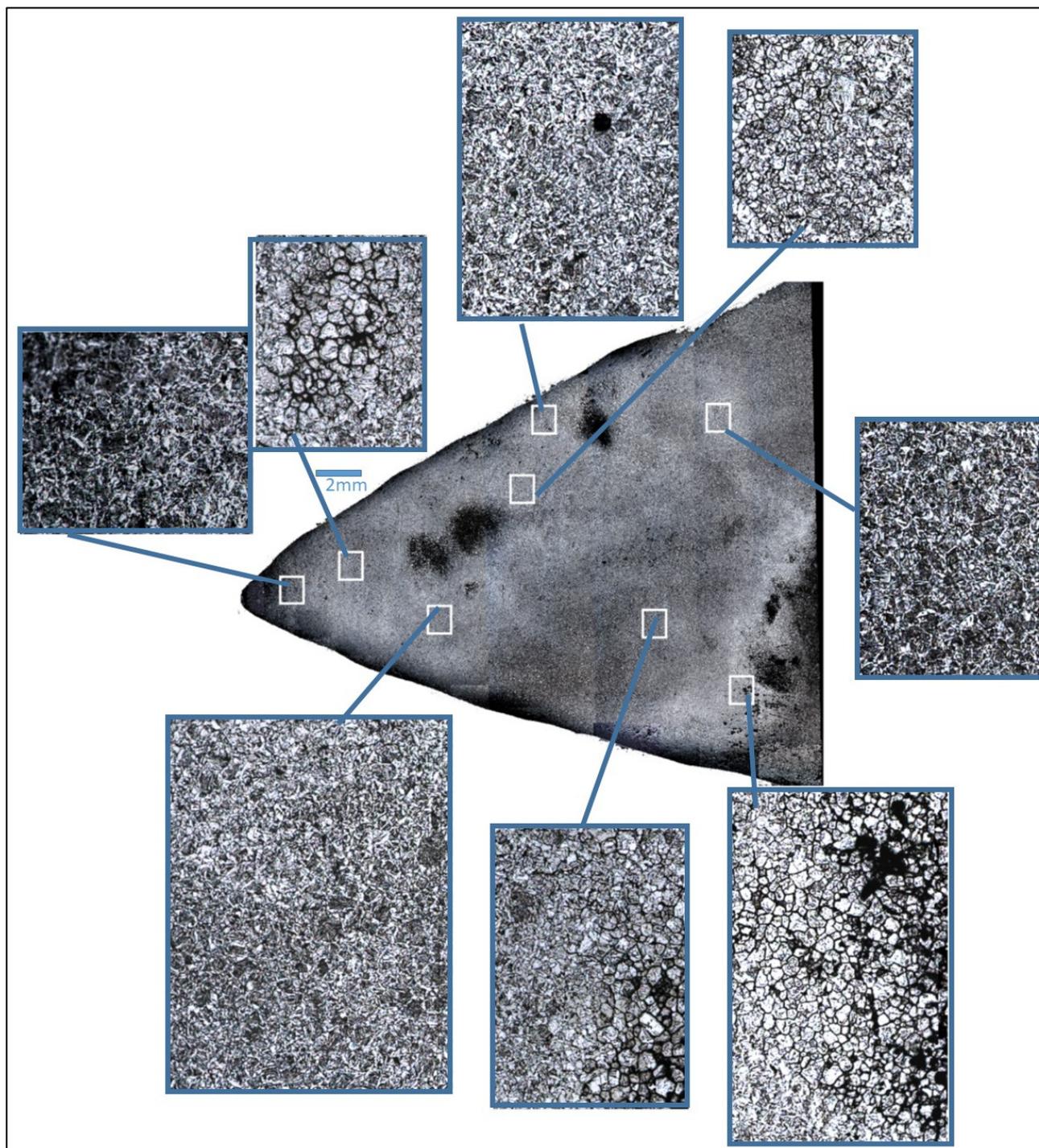


Figura 18 – Foto mosaico da ponta da flecha destacando oito áreas e suas duas texturas principais (martensítica e recristalizada).

- ***Adaga Kris de Lâmina Reta***

As análises químicas realizadas não identificaram presença de Ni, falhando no teste de dimetilglioxima. Na análise efetuada por MEV/EDS, não foi detectada concentração significativa de Ni, conforme os dados obtidos através de imagem por BSE (Figura 19), mapas (Figura 20) e espectros composicionais (Figura 21).

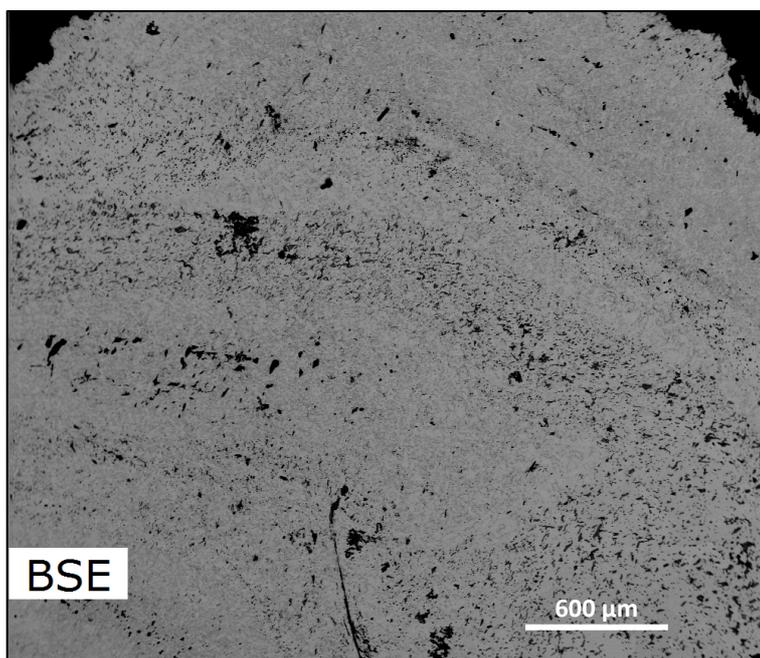


Figura 19 – Imagem eletrônica por BSE (MEV) de uma seção transversal da adaga de lâmina reta, não apresentando áreas com teor significativo de Ni.

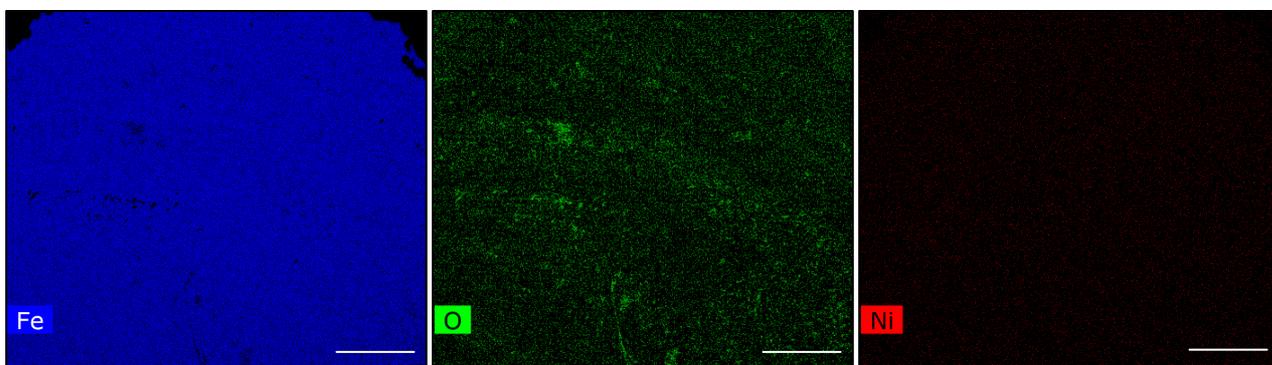


Figura 20 – Mapas composicionais dos elementos Fe, O e Ni (escala: 600 μm)

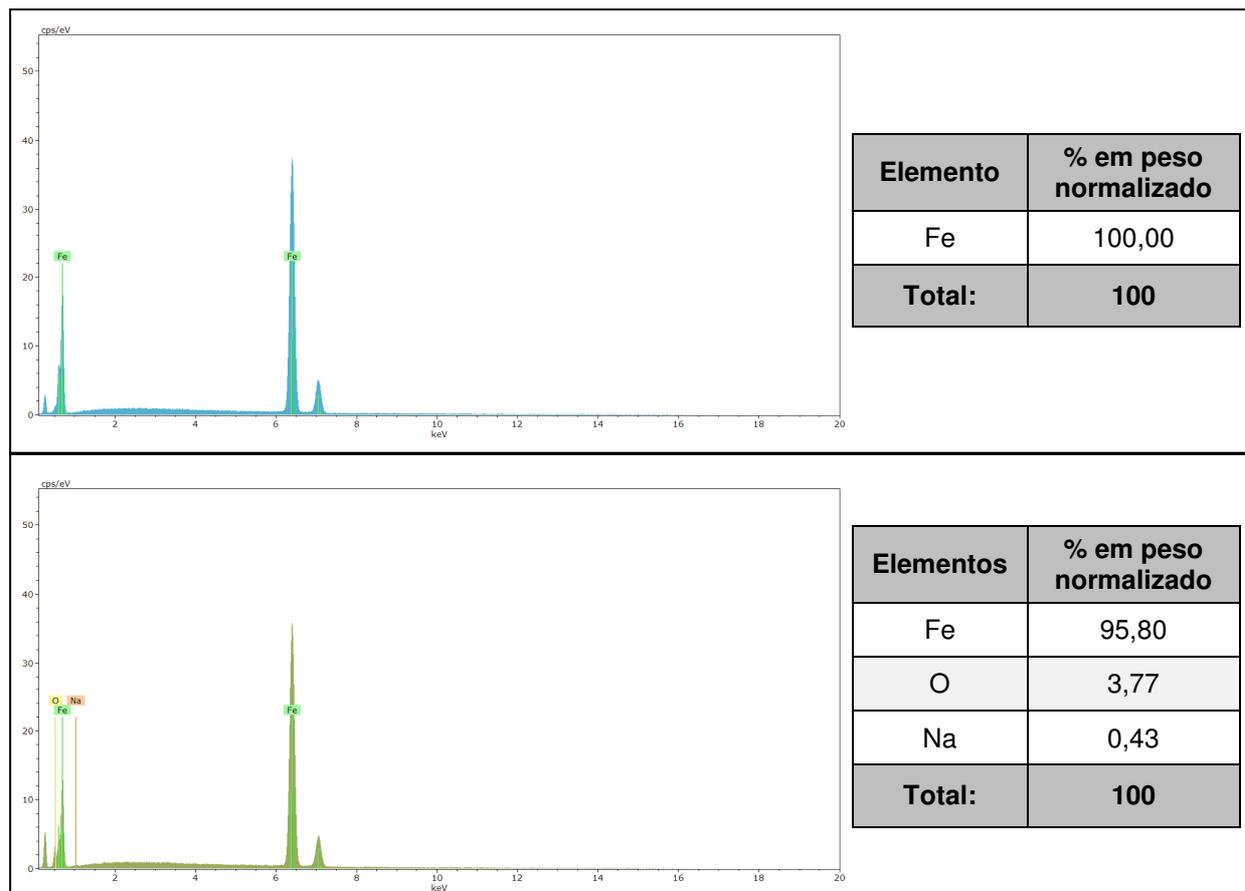


Figura 21 – Espectros composicionais gerados por MEV/EDS indicando ausência de Ni na adaga kris de lâmina reta.

- **Adaga Kris de Lâmina Sinuosa**

A partir dos estudos realizados, foi possível identificar características compatíveis com ligas forjadas a partir de ferro meteorítico. Desta forma, foi adotado o mesmo procedimento realizado com a ponta de flecha, sendo o material submetido à análise de microscopia eletrônica para averiguar tal hipótese.

Na análise por MEV/EDS, a adaga de lâmina sinuosa mostrou aproximadamente a presença de 21% de Ni em uma fase e 5% de Ni em outra, sendo gerada imagem por BSE (Figura 22) e espectros composicionais (Figura 23A e 23B). Em seguida, foi analisada pela EPMA/EDS-WDS, sendo possível identificar duas fases deste metal, uma com até 26% e outra entre 6% e 12%, além de uma terceira apenas contendo Fe.

Posteriormente, foi submetida à microscopia ótica para estudos relacionados ao tratamento térmico sofrido por suas ligas metálicas. Verificou-se que a lâmina sofreu tratamento térmico de recozimento por alívio de tensões e/ou de revenimento com um resfriamento mais lento, sem alcançar a austenitização, uma vez que os grãos se apresentam apenas recristalizados (Figura 24A e 24B).

A lâmina apresentou nas áreas pobres em Ni (ferríticas) durezas em torno de 160 HV e nas mais ricas em Ni (austeníticas) 350 HV, o que está compatível com as fases kamacita e taenita de meteoritos.

A metalografia mostra que a lâmina foi trabalhada a quente e martelada longitudinalmente, enquanto que a parte de onde foi retirada a amostra (da proeminência ligada ao cabo) submeteu-se a torções para prover o formato cilíndrico-arredondado. Esses objetos são famosos por suas lâminas consistirem em numerosas camadas feitas por um processo de forjamento complicado, envolvendo dobras repetidas e soldagem de camadas individuais.

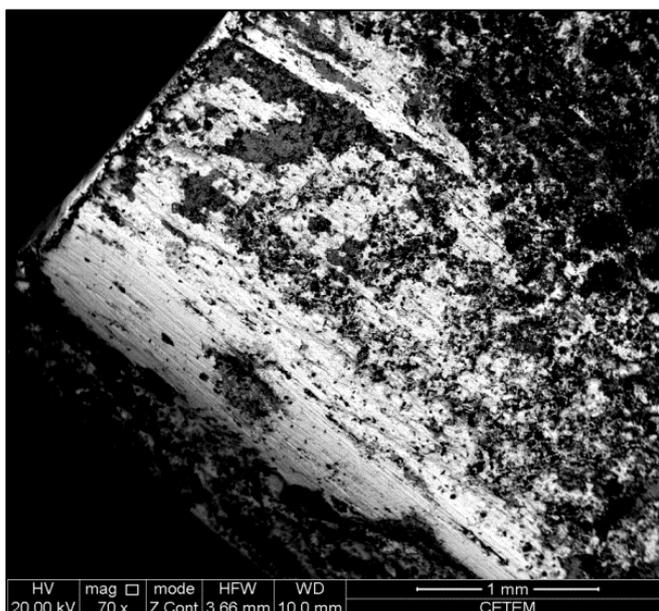
Nota-se, também, que a maioria das inclusões foi observada no Fe sem Ni, sendo composta por Mn e proveniente, provavelmente, de algum material de escória (impurezas). Como a análise química e a composição desta liga revelaram mais de 2% de Mn, assim como na ponta de flecha, pode-se inferir que ambos os artefatos foram forjados a partir de 1840, quando a técnica de adição deste elemento ao Fe fundido foi iniciada, resultando em um metal livre de porosidade (WILTZEN & WAYMAN, 1999).

Semelhante à ponta de flecha, a concentração elevada de Ni está condizente com a fase taenita dos meteoritos, enquanto que as partes mais pobres em Ni, com a kamacita. Porém, novamente, em nenhuma das fases, em especial na equivalente à kamacita, foi detectada a presença significativa de C, Co e P.

O estudo também revelou que foram utilizados dois tipos de ligas metálicas para a fabricação da adaga (Figura 25): um Fe praticamente puro, podendo ser de ligas Fe-C; e outro proveniente de um sistema Fe-Ni, com porcentagens de Ni compatíveis com as de meteoritos do tipo octaedrito.

Apesar de não ser visualizada nenhuma estrutura característica de meteorito, estas podem ter sido destruídas durante os processos térmicos e mecânicos do forjamento da lâmina desta adaga.

Figura 22 – Imagem eletrônica por BSE (MEV) de uma seção longitudinal da adaga de lâmina sinuosa: áreas mais claras são mais ricas em Ni, enquanto que as mais escuras, pobres.



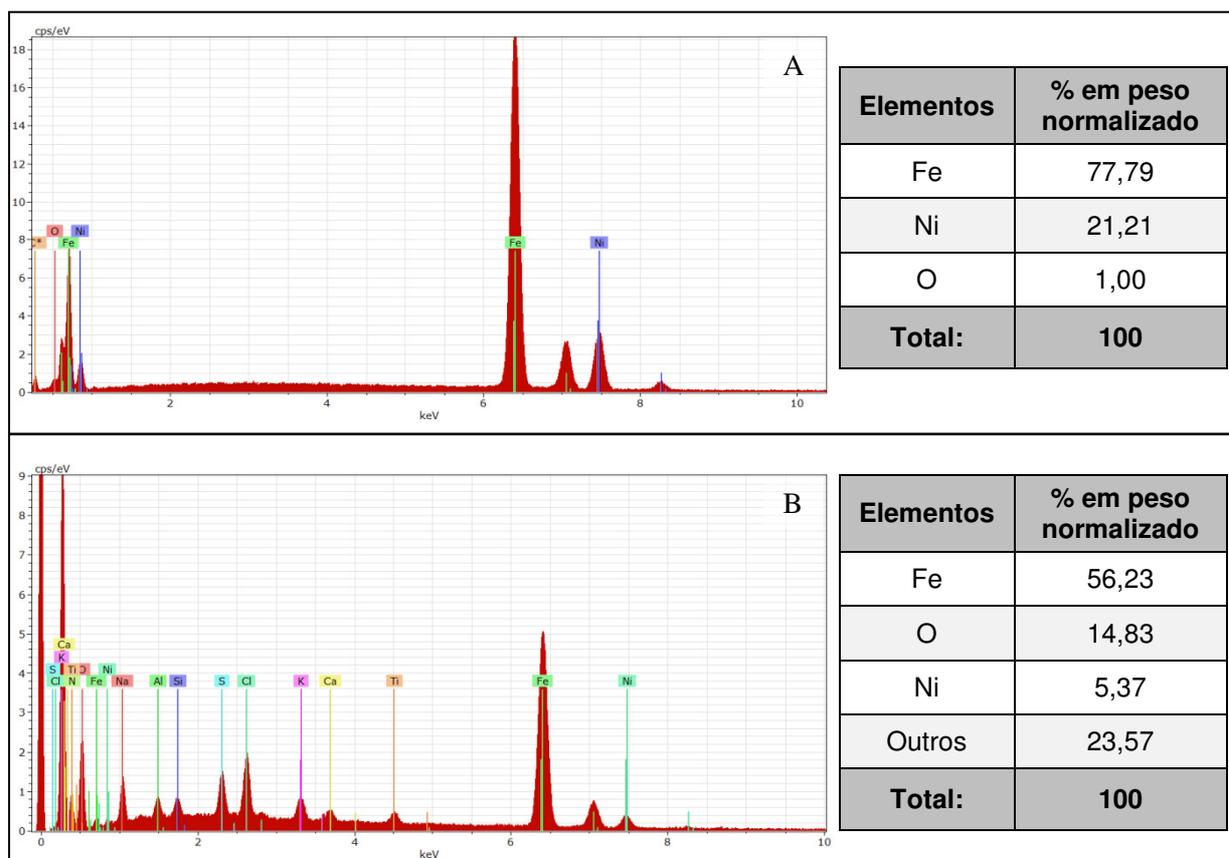


Figura 23 – Espectros composicionais gerados por MEV/EDS mostrando as fases mais rica **(A)** e mais pobre **(B)** em Ni da adaga *kris* de lâmina sinuosa.

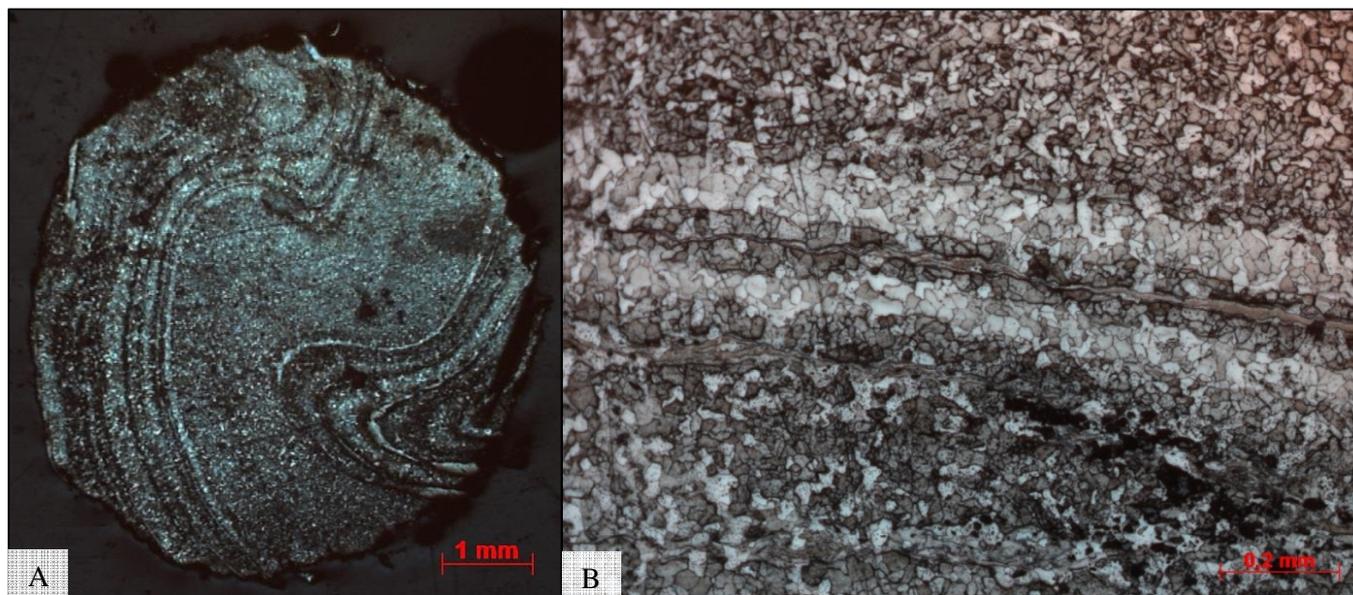


Figura 24 – Fotomicrografias em luz refletida mostrando uma seção transversal inteira **(A)** da adaga de lâmina sinuosa e uma área com maior ampliação **(B)**. Após o ataque (nital 2%), verifica-se que os grãos se apresentam recristalizados, sugerindo que a lâmina tenha sofrido tratamento térmico de revenimento ou recozimento por alívio de tensões com um resfriamento mais lento.

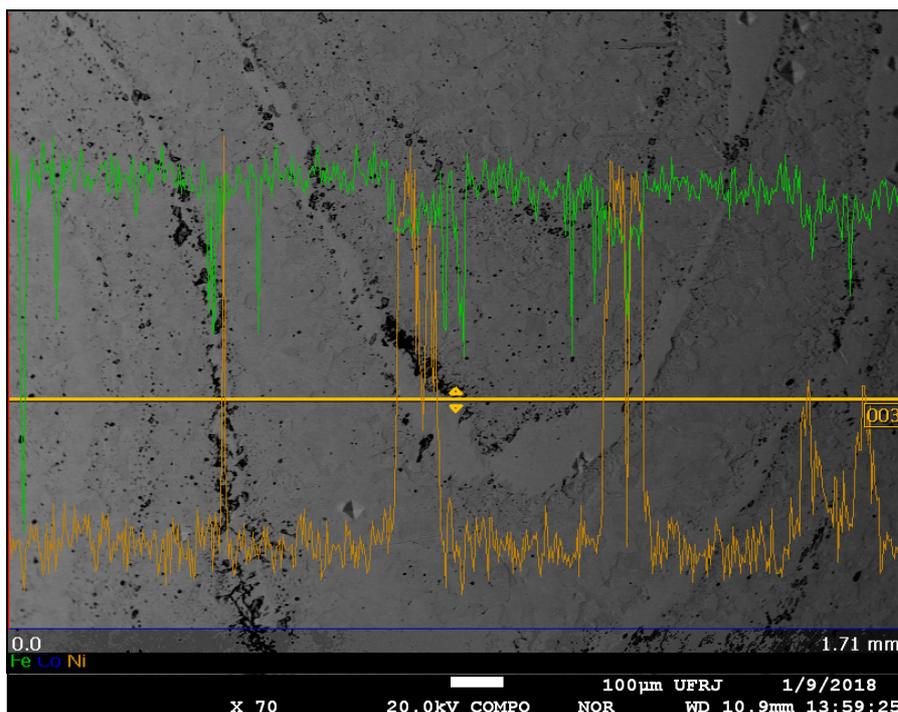


Figura 25 – Perfil de Ni (laranja), Fe (verde) e Co (azul) realizado por EPMA/WDS ao longo das bandas de uma seção transversal da adaga de lâmina sinuosa, cuja laminação não se faz muito proeminente. Nota-se, visivelmente, a junção de duas ligas, uma rica em Ni e outra de Fe sem Ni.

Informações Relevantes

Metalograficamente, a estrutura de *Widmanstätten* pode ser usada como um critério seguro de origem meteorítica (BUCHWALD, 1975). A estrutura é mantida se o objeto for trabalhado a frio e, posteriormente, recozido a baixas temperaturas (BUCHWALD & MOSDAL, 1985). No entanto, se trabalhado a quente, pode causar a perda completa daquela estrutura, resultando na formação de martensita (TYLECOTE, 1987).

De acordo com as análises efetuadas, não foi possível identificar figuras de *Widmanstätten* em nenhum dos artefatos, o que coloca em cheque a origem meteorítica de suas ligas ou, se realmente forem meteoríticas, tais estruturas foram destruídas por terem sofrido trabalho a quente em seu forjamento.

Os objetos de Fe telúrico têm um conteúdo de Ni uniformemente distribuído, mas não superior a 4%. Os esquimós do oeste da Groelândia, por exemplo, martelaram a frio e trabalharam a quente meteoritos, bem como o Fe telúrico, achatando fragmentos de pequenos tamanhos em discos e usando-os com uma alça de osso, como facas serrilhadas ou “*ulus*” (facas femininas). Na Tabela 1, pode-se conferir um resumo das principais características dos tipos de ferro comumente utilizados na confecção de objetos.

Tabela 1: Características de cinco tipos de ferro utilizados para confecção de objetos.

(Fonte: modificado de BUCHWALD; MOSDAL, 1985)

Tipos de Ferro	Ni %	Co %	P %	C %	Microdureza HV	Fosfetos	Taenita	Escória
Meteorítico	> 5	> 0,4	0,1-0,3	< 0,1	175-350	+	+	-
Telúrico	1-4	0,1-0,4	< 0,08	< 0,2	125-250	-	-	-
Forjado	< 0,2	< 0,01	0-0,5	0-1	100-900	-	-	+
Fundido	0,5-1,5	*	0-1,0	2,1-6,7	*	+	-	+
Aço	0,3-3,75	*	< 0,04	0-2,14	*	+	-	-

Legenda: * valores não determinados | + presente | - ausente

Sugere-se que a análise química completa e o exame em microscopia eletrônica de bandas de Fe- α e Fe- γ em superfícies metálicas e/ou oxidadas complementados com o estudo de inclusões podem determinar com melhor precisão a origem de um artefato rico em Ni.

Inicialmente, descartou-se a proveniência meteorítica da liga metálica da adaga *kris* de lâmina reta, pois não foram identificadas concentrações significativas de Ni nas análises realizadas no MEV.

A microestrutura da ponta de flecha mostrou martensita no meio da seção, com Fe- α recristalizado e Fe- γ precipitado nas bordas dos grãos. Na escala Vickers (100 gm de carga), 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- α (160 HV) e bandas de Fe- γ (350 HV), além de apresentar uma fase de Fe praticamente puro.

Através da microscopia eletrônica (MEV/EPMA), foram analisados 81 pontos na ponta de flecha e 50 pontos nas amostras da adaga *kris* de lâmina sinuosa, produzindo concentrações significativas de Ni de, aproximadamente, 3 a 20% e 6 a 26% em peso, respectivamente. Os valores de C, Co e P correspondentes ficaram abaixo 1% em peso em ambos os materiais. Na Tabela 2, pode-se conferir um resumo das principais características encontradas nas ligas metálicas destes artefatos.

Uma análise detalhada das camadas individuais de Ni nas amostras análogas revelou

que o Fe-Ni foi redistribuído durante o processo de forjamento. Normalmente, as bandas/camadas finas (espessura média na faixa sub-mm) estão quimicamente zonadas, com concentrações de Ni mais altas.

Tabela 2: 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 <i>Kris</i> de Lâmina Sinuosa	6-26	0-0,03	0-0,02	-	160-350	-	+	+

Legenda: + presente | - ausente (não detectado)

Apesar de não terem sido examinadas as pontas de flecha que não contêm Ni, os índios brasileiros não teriam condições de fundir ligas desta qualidade, pois necessitariam de condições bem tecnológicas para seu refino (CHIARA, 1986; MÉTRAUX, 1986).

Há um interesse especial nas adagas *kris*, pois é sabido que algumas lâminas foram feitas adicionando ligas de Fe-Ni meteorítico ao ferro terrestre durante a forja. A maioria do metal meteorítico foi retirada do meteorito de ferro Prambanan, que caiu em Java Central e é conhecido desde 1784 (BRANDSTÄTTER *et al.*, 2016).

Devido a várias restrições, a identificação de uma mistura meteorítica nas lâminas *kris* não é uma tarefa trivial. As principais complicações incluem o uso exclusivo de métodos não destrutivos, o tamanho dos objetos com um comprimento acima de 30 cm, a localização de áreas/pontos adequados para análise química e as limitações inerentes aos métodos aplicados.

Como característica geral, as análises da ponta de flecha quanto da adaga *kris* de lâmina sinuosa apresentam uma correlação positiva entre as abundâncias de Fe- α e Fe- γ dentro da faixa de concentração esperada para uma possível mistura de liga Fe-Ni de meteoritos metálicos ao ferro terrestre.

Entretanto, devido, principalmente, às concentrações de Co estarem abaixo dos padrões encontrados em tais meteoritos, não é possível caracterizar essas ligas Fe-Ni como sendo provenientes de ferro meteorítico, de fato.

Considerações Finais

Esta pesquisa apresenta de forma coerente os resultados analíticos obtidos nas ligas metálicas de três artefatos acondicionados no Museu Nacional/UFRJ. Concluiu-se que a detecção da origem meteorítica de um ferro rico em Ni não depende de uma única análise química, mas em uma combinação de análises químicas, microscopias eletrônicas e exames metalográficos. Essas técnicas analíticas podem determinar a estrutura do metal e do óxido, as possíveis transformações induzidas em trabalhos a quente e a frio, bem como a natureza das inclusões.

Os critérios para a determinação do ferro forjado/fundido rico em Ni não são tão óbvios. O trabalho aqui realizado mostrou que o forjamento de ligas metálicas e/ou de ferro telúricos resulta em grandes variações de Ni e possível redução/oxidação de Co e de outros elementos menores. Essas variações, associadas ao tipo de trabalho (a frio e/ou a quente), podem explicar a presença das texturas encontradas (recristalizada e martensítica) nos artefatos estudados.

De acordo com os dados adquiridos, tanto a ponta de flecha quanto a adaga *kris* de lâmina sinuosa apresentam concentrações compatíveis com as fases taenita (mais rica em Ni) e kamacita (mais pobre em Ni) dos meteoritos metálicos. Por outro lado, já é possível descartar a proveniência meteorítica da adaga *kris* de lâmina reta devido à ausência de tal elemento.

Como o Co se apresenta em concentrações abaixo do esperado em meteoritos metálicos, não há dados de bibliografia que indiquem o comportamento deste elemento com os tratamentos térmicos sofridos pelas peças examinadas. Devido ao trabalho a quente aplicado no final da forja das ligas Fe-Ni destes objetos, não foi possível também observar o padrão *Widmanstätten* característico de tais meteoritos.

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.

Vale destacar que a adaga *kris* de lâmina sinuosa foi incorporada à coleção do Setor de Meteorítica e estava exposta na Exposição de Meteoritos “Da Gênese ao Apocalipse” até ocorrer o trágico incêndio na Instituição.

Assim, este estudo contribuiu para completar mais uma lacuna no campo da meteorítica, além de valorizar o acervo do Museu Nacional/UFRJ e, conseqüentemente, expandir o conhecimento de meteoritos nas Geociências.

Referências

- BRANDSTÄTTER, F.; MIGLIORI, A.; VISSER, S.; GIESTER, G.; TOPA, D.; KUHN-SAPTODEWO, S.; KOEBERL, C. Meteoritic Iron in Javanese Kris Daggers: A Comparative XRF Study Performed on Original Daggers and Newly Forged Test Objects. In: 79th Annual Meeting of the Meteoritical Society, Berlin, Agosto, 2016. *LPI Contribution*, nº1921, id.6168, 2016.
- BUCHWALD, Vagn Fabritius. *Handbook of Iron Meteorites: Their History, Distribution, Composition and Structure*. Los Angeles: University of California Press, 1975.
- BUCHWALD, Vagn Fabritius; MOSDAL, Gert. *Meteoritic iron, telluric iron and wrought iron in Greenland*. Copenhagen: The Commission for Scientific Research in Greenland, 1985.
- BURKE, John G. *Cosmic Debris: Meteorites in History*. Los Angeles: University of California Press, 1986.
- CALLISTER, William D. *Fundamentals of Materials Science and Engineering*, 5th Edition. New York: John Wiley and Sons, 2000.
- CHIARA, Vilma. Armas: Bases para uma Classificação. In: RIBEIRO, D. (Ed.) *Tecnologia Indígena; Suma Etnológica Brasileira*. Rio de Janeiro: Vozes/Finep, v. 2, 1986. p. 117-137.
- DEDAVID, Berenice Anina; Gomes, Carmem Isse; MACHADO, Giovanna. *Microscopia eletrônica de varredura: aplicações e preparação de amostras*. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2007.
- GALE, Walter Keith Vernon. Ferrous Materials. In: MACNEIL, I. (Ed.) *An Encyclopaedia of the history of technology*. Londres: Routledge, 1990. p. 146-185.
- GOODWAY, Martha. History of Casting. In: FRISSELL, H. J. (Ed.) *ASM Metals Handbook Vol. 15: Casting*, Ohio: ASM International, 1998. p. 12-54.
- JENSEN, Karsten *Sejr. Den Indonesiske Kris - Et Symboladet Våben*. Denmark: Devantier, 1998.
- MÉTRAUX, Alfred. Armas. In: RIBEIRO, D. (Ed.) *Tecnologia Indígena; Suma Etnológica Brasileira*. Rio de Janeiro: Vozes/Finep, v. 2, 1986. p. 139-161.
- PERRY, Stuart Hoffman. The metallography of meteoric iron. Washington, Smithsonian Institution, *Bulletin of the United States National Museum*, v.184, 1944.
- RICKARD, Thomas Arthur. 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.
- SCOTT, David A.; EGGERT, Gerhard. *Iron and Steel in Art, Corrosion Colorants and Conservation*. London: Archetype Publications, 2009.
- SORBY, Henry Clifton. On the Microscopic Structure of Iron and Steel. *Journ. Iron and Steel Inst.*, v. 30, p. 255-288, 1887.
- TYLECOTE, Ronald Frank. *A History of Metallurgy*, 2nd Edition. London: The Metals Society, 1992.
- TYLECOTE, Ronald Frank. *The Early history of metallurgy in Europe*. Addison-Wesley London: Longman, 1987.
- TYLECOTE, Ronald Frank; BLACK, J. W. B. The effect of hydrogen reduction on the properties of ferrous materials. *Studies in Conservation*, v.25, p. 87-96, 1980.

VOORT, George F. Vander. Metallography of Iron Meteorites. *Advanced Materials & Processes*, v.159, n. 2, p. 37-41, 2001.

WILTZEN, T. S.; WAYMAN, M. L. Steel files as chronological markers in North American fur trade sites. *Archaeometry*, v.41, p. 117-135, 1999.

ZUCOLOTTO, Maria Elizabeth. *Meteoritos Metálicos, Uma Visão Geral*. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Geologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1988.

ZUCOLOTTO, Maria Elizabeth; FONSECA, Ariadne do Carmo; ANTONELLO, Loiva Lúzia; MONTEIRO, Felipe Abrahão. *Decifrando os Meteoritos*. Rio de Janeiro: Museu Nacional/UFRJ, Série Livros 52, 2013.

CARACTERIZAÇÃO MICROESTRUTURAL E MECÂNICA DA ESTRUTURA DE FERRO DA PONTE SIMÓN BOLÍVAR, SÉCULO XIX, AREQUIPA, PERU

Elmer Mamani-Calcina*

Edgar Apaza-Huallpa*

Daysi Gonzales-Diaz*

Hector Vargas-Cardenas*

Dany Michell Andrade-Centeno*

Fernando José Gomes Landgraf**

Cesar Roberto de Farias Azevedo**

Resumo

O trabalho apresenta resultados de pesquisa sobre a microestrutura e a dureza de diversos setores da estrutura da ponte de ferro Simón Bolívar, situada em Arequipa (Peru), supostamente projetada por Gustavo Eiffel, e entregue ao público em 1882. A caracterização microestrutural dos componentes revelou tratar-se de ferro pudlado com matriz ferrítica de grãos equiaxiais e numerosas inclusões de escória e de componentes de ferro fundido. A análise química das amostras de ferro pudlado indicou teor de carbono de 0,056% e alto teor de fósforo (acima de 0,15%) e enxofre (entre 0,07 e 0,15%). Ensaios de dureza Rockwell B dos componentes de ferro pudlado apresentaram valor médio de 70,5HRB. A caracterização microestrutural dos componentes de ferro fundido cinzento revelou veios de grafita do tipo A em matriz ferrítico-perlítica, com presença de eutético de ferro e fosfeto de ferro (steadita). Os resultados apresentados produziram informações úteis sobre as propriedades mecânicas dos principais elementos estruturais da ponte, possibilitado o modelamento das tensões de serviço e a

* *Departamento de Ingeniería de Materiales, Universidad Nacional San Agustín de Arequipa, Av. Venezuela s/n, Área Engenheiras, Arequipa, Perú; emamanical@unsa.edu.pe*

** *Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Av. Professor Mello Moraes, 2463, São Paulo, Brasil.*

identificação das regiões críticas da ponte. A intensa presença de inclusões de escória nos componentes de ferro pudlado (~10% do volume) mostra os limites tecnológicos da técnica de refino de ferro da época nos Estados Unidos da América.

Palavras-chave: caracterização microestrutural; ferros pudlados; ferros fundidos cinzentos; patrimônio arqueológico férreo do Peru.

1. Introdução

A ponte Simón Bolívar, também conhecida como *El Puente de Fierro* (vide Figuras 1a e 1b), é um dos patrimônios culturais da cidade de Arequipa, Peru. A ponte sobre o Rio Chili possui comprimento de 488m e foi inaugurada em 1882, como parte do circuito ferroviário que ligava a área costeira à Arequipa, em direção à Puno, Cuzco e depois Tacna (vide Figuras 2a e 2b). Declarada monumento histórico do Peru¹, pelo decreto R.M. N° 1251-85-ED, publicado em 9 de março de 1986. A construção pertence a uma tipologia de ponte para ferrovias que utiliza treliças e tirantes diagonais, colunas Phoenix e treliças do tipo Fink (Pinto-Rodrigues, 2016). A coluna Phoenix, patenteada por Samuel Reeves em 1862, é um cilindro oco composto por quatro, seis ou oito segmentos de ferro forjado rebitados juntos. Esta coluna é mais leve e resistente do que as colunas de ferro fundido - cilindros cheios - usadas na época, permitindo a construção de pontes que suportam carregamentos mecânicos mais intensos. Todos os seus elementos estruturais da ponte foram produzidos pela *Phoenix Iron Company*, Filadélfia, EUA. Este projeto apresenta características típicas de leveza das pontes americanas do final do século XIX, mas muitos ainda creditam este projeto ao francês Gustav Eiffel (GUTIERREZ-PINTO, 2013; NEUMAN, 2014).

¹ Disponível em:

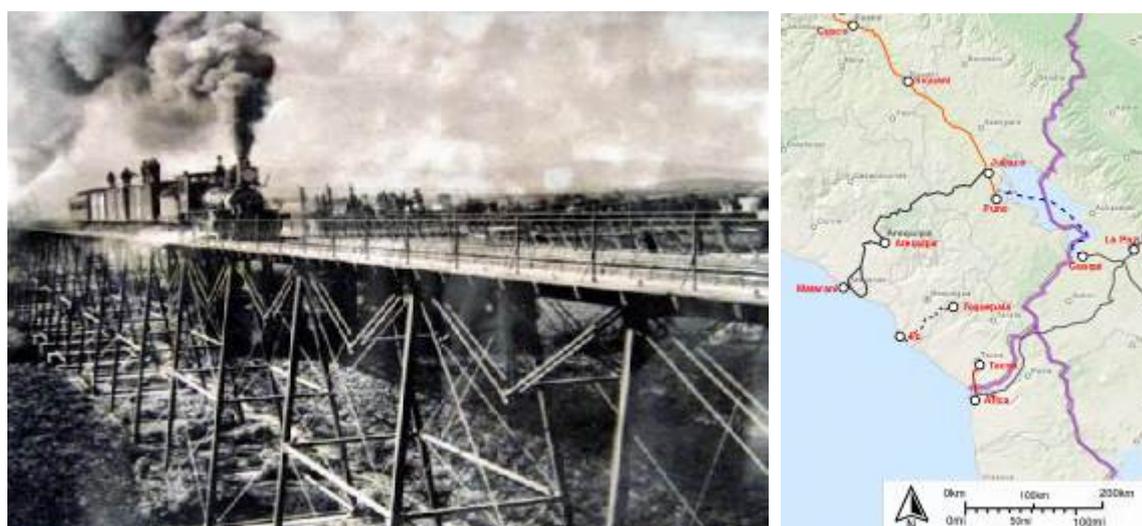
<https://www.cultura.gob.pe/sites/default/files/pagbasica/tablaarchivos/07/relaciondemonumentoshistoricos.pdf>. Acesso em: 18 agosto de 2019.



(a)

(b)

Figura 1 (a) - Localização de Arequipa no mapa do Perú; (b) Vista geral da estrutura da ponte Simón Bolívar, Arequipa (<https://www.geneanet.org/cartes-postales/view/6060974#0>)



(a)

(b)

Figura 2 (a) - Viaduto ferroviário Sul (Arquivo Regional de Arequipa); (b) Mapa da rede ferroviária (*Ferrocarriles el Sur*), indicando a localização de Arequipa em relação a Cusco, Puno e Tacna

Desde sua inauguração, a ponte passou de ferroviária à veicular e, atualmente, apenas para pedestres. Ao longo de seus 137 anos de serviço, nunca foram efetuados estudos da integridade estrutural da ponte usando técnicas de caracterização microestrutural dos seus elementos estruturais para verificar eventuais danos causados pela corrosão do meio, visto que existe uma produção agrícola sob a ponte. Estas informações serão fundamentais para os planos de restauração e de conservação da ponte.

O objetivo da pesquisa foi caracterizar os principais elementos estruturais da ponte para estimar seus respectivos valores de limite de escoamento a partir de medidas de dureza. O uso de técnicas de caracterização de materiais é fundamental para planos de conservação de patrimônios culturais e esses resultados obtidos constituem um registro das características e propriedades mecânicas dos elementos estruturais da ponte Simón Bolívar.

2. Materiais e Métodos

Foram retiradas amostras de diferentes áreas da ponte, cuidadosamente removidas com a permissão do Ministério da Cultura e Gestão do Centro Histórico de Arequipa. Pequenos fragmentos de quatro grupos da ponte (vide Figura 3) foram coletados, representando os principais elementos estruturais da ponte (com exceção dos tirantes), a saber: o pilar da ponte (coluna Phoenix), a base da coluna Phoenix e as vigas da base da ponte (vide Figuras 4a a 4d). As Tabelas 1 e 2 trazem as identificações das amostras.



Figura 3 - Localização das áreas onde os diferentes grupos de amostras dos elementos estruturais foram retiradas

Espectroscopia de emissão ótica (OES) foi utilizada conforme a norma ASTM A415-15 para a determinação da composição química das amostras de ferro pudlado. O ferro pudlado é um material maleável produzido entre o final do século XVIII e o final do século XIX a partir da descarburagem do banho de ferro gusa, em temperatura insuficiente para obter ferro totalmente líquido. Uma lança de ferro era introduzida na massa semissólida e, sendo girada, ia agregando ferro e escória até formar uma lupa de 250Kg, que era retirada do forno, forjada e laminada. De acordo com a American Society for Testing

Materials (ASTM), o ferro pudlado é um material refinado contendo quantidade uniformemente distribuída de escória. O ferro pudlado apresenta pouca heterogeneidade de composição química, sendo que o teor médio de carbono nos ferros pudlados encontra-se entre 0,018% e 0,030% (OLIVEIRA, 2017; BOUW, 2009). Segundo Revilla, os ferros pudlados fabricados na Europa entre 1850 e 1930 apresentam teores de silício próximos de 0,20%, enquanto os teores de fósforo chegam a 0,47% (REVILLA, 2005).

Para a caracterização microestrutural, as amostras foram lixadas com lixas de carbetto de silício com diferentes granulações de abrasivo (#200, #400, #600 e #1200) e, finalmente, polidas com alumina com diferentes tamanhos de abrasivo (6 μ m, 3 μ m e 1 μ m). As amostras metalográficas foram examinadas em microscópios óptico e eletrônico de varredura equipado com microanálise química EDS (espectrometria de raios-x por dispersão de energia, *energy dispersive spectroscopy*).

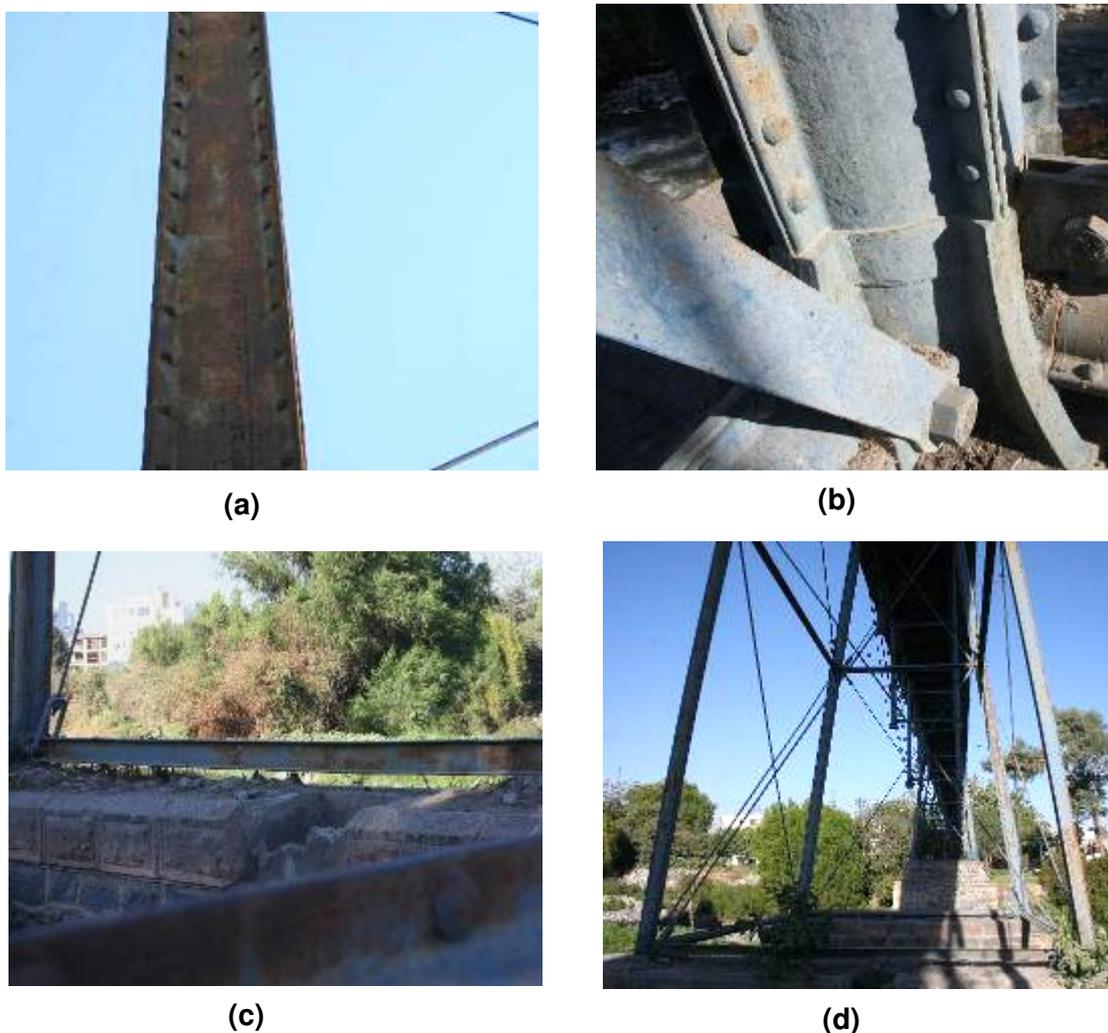


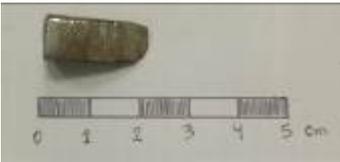
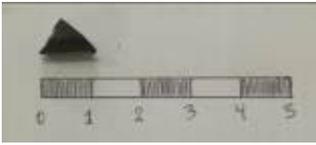
Figura 4 - (a) Pilar da ponte (coluna Phoenix); (b) Base da coluna Phoenix; (c). Viga transversal; (d) Vista geral da base da ponte

A determinação da dureza foi feita pelo método Rockwell B (penetrador de 1/16", carga de 100Kg, durômetro Indectec), conforme a norma ASTM E-18, e microdureza Vickers (300g de carga e 15 segundos), usando microdurômetro Shimadzu. Os valores do limite de escoamento foram estimados pelos valores de microdureza, enquanto os valores do módulo de Young foram obtidos pelo método de nanodureza.

Tabela 1 - Lista das amostras de acordo com seu grupo e descrição, amostras em negrito são de ferro fundido cinzento

Amostra	Descrição	Grupo	Código
1	Base da coluna Phoenix	1	BP-1
2	Coluna Phoenix	1	PP-1
3	Base da coluna Phoenix	1	BP-2
4	Viga transversal (base-ponte)	1	TP-1
5	Viga transversal (base-ponte)	1	TP-2
6	Coluna Phoenix	2	PP-2
7	Viga transversal (base-ponte)	2	TP-3
8	Viga transversal (base-ponte)	2	TP-4
9	Viga transversal (base-ponte)	2	TP-5
10	Coluna Phoenix	2	PP-3
11	Coluna Phoenix	3	PP-4
12	Viga transversal (base-ponte)	3	TP-6
13	Coluna Phoenix	3	PP-5
14	Coluna Phoenix	3	PP-6
15	Base da coluna Phoenix	3	BP-3
16	Base da coluna Phoenix	4	BP-4
17	Viga transversal (base-ponte)	4	TP-7
18	Pilar da ponte (coluna Phoenix)	4	PP-7
19	Base da coluna Phoenix	4	BP-5
20	Pilar da ponte (coluna Phoenix)	4	PP-8

Tabela 2 - Amostras removidas da ponte

		
Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3
		
Amostra 4	Amostra 5	Amostra 6
		
Amostra 7	Amostra 8	Amostra 9
		
Amostra 10	Amostra 11	Amostra 12
		
Amostra 13	Amostra 14	Amostra 15
		
Amostra 16	Amostra 17	Amostra 18
		
Amostra 19	Amostra 20	

3. Resultados

A análise química das amostras TP-1, PP-2 e PP5 por OES mostra teor de carbono abaixo de 0,056% e altos teores de fósforo (ultrapassa o limite máximo detecção do método, que é de 0,15%) e enxofre entre 0,07 a 0,15% (vide Tabela 3). O alto teor de silício é provavelmente advindo da sílica presente nas inclusões de escória, assim como parte do fósforo.

Tabela 3 - Análise química das amostras

Item	Percentual %		
	Amostra 4, TP-1	Amostra 6, PP-2	Amostra 13, PP-5
C	0,056	0,035	0,041
Mn	0,041	0,079	0,022
Si	1,52	2,98	1,16
P	> 0,15	> 0,15	> 0,15
S	0,12	>0,15	0,072
Ni	0,018	2,01	0,016
Cr	0,15	0,029	0,013
Cu	0,018	0,07	0,014
Al	0,43	0,32	0,5
V	0,17	0,046	0,026
Co	0,22	0,03	0,016
Nb	0,019	<0,003	0,012
W	0,37	0,2	0,2
Fe	96,1	93,3	97,1

A microestrutura, formada por uma matriz de grãos equiaxiais de ferrita e inclusões não metálicas (alongadas e equiaxiais) ao longo dos contornos de grãos ferríticos, somada à composição química, indicam tratar-se de ferro pudlado (Stötzel, 1997; Revilla, 2005). As numerosas inclusões de diferentes tamanhos ocupam uma fração volumétrica entre 8 a 13% (vide Figuras 5a a 5d).

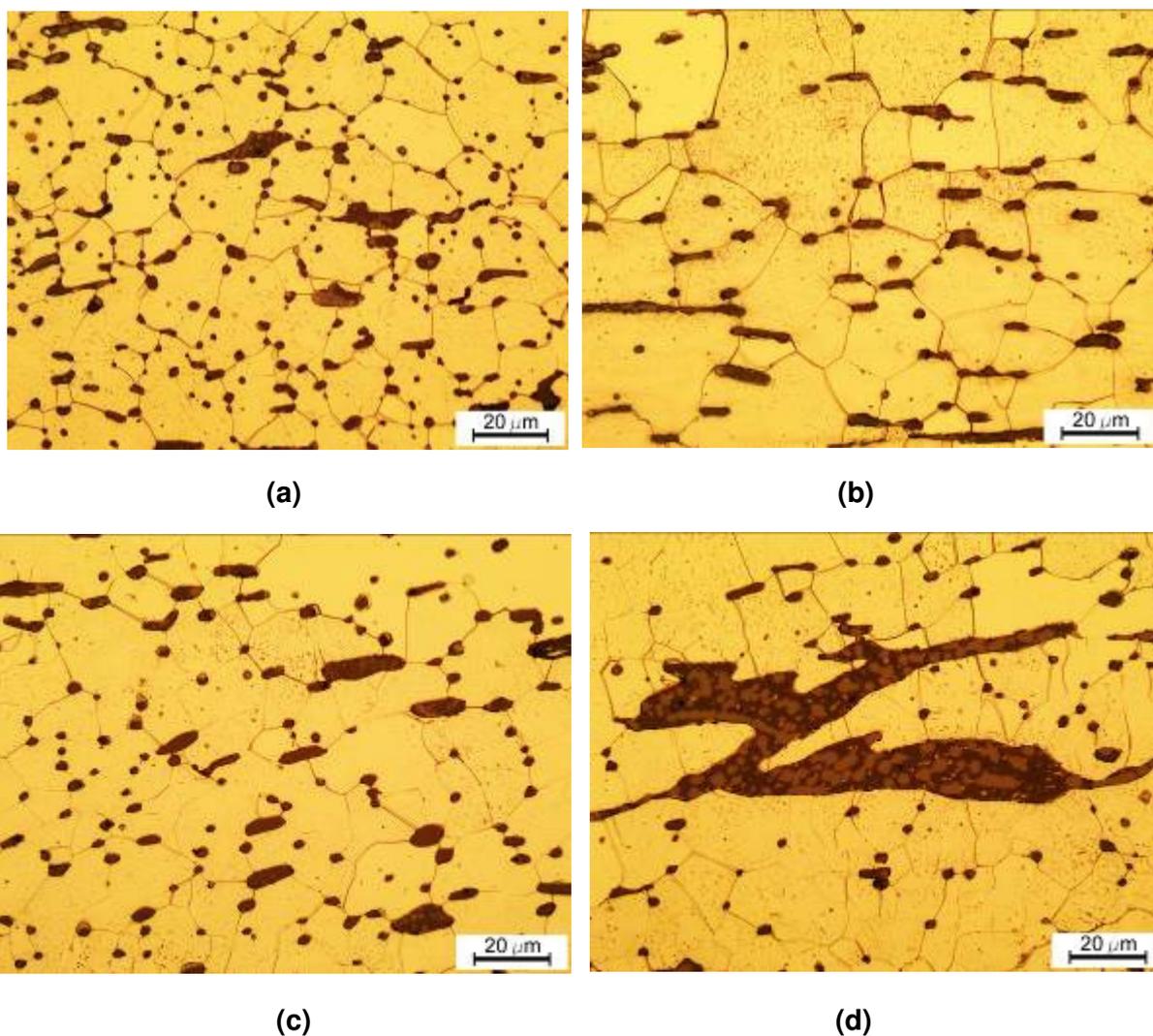


Figura 5 - Caracterização microestrutural das amostras metalográficas de ferro pudlado atacadas com 5% de Nital (pilar da coluna tipo Phoenix e viga transversal). (a) Amostra 4, TP-1, 50x; (b) Amostra 6, PP-2, 50x; (c) Amostra 13, PP-5, 50x; (d) Amostra 13, PP-5, 50x. Microscopia ótica

Inclusões não metálicas encontradas nas amostras de ferro pudlado foram examinadas em mais detalhe (vide Figuras 6a a 6d). Estas inclusões são formadas de matriz multifásica, área escura, e dendritas de wustita (FeO), área clara, e são tipicamente encontradas em objetos ferrosos produzidos antes do século XX e seus resultados de microanálise química de acordo com vários estudos (DILLMANN, 2007; BLAKELOCK, 2009; MAIA, 2015; MAMANI-CALCINA, 2017) podem ser usados para investigar a origem dessas peças e seus detalhes produtivos. Os resultados de microanálise química EDS da fase wustita de inclusões não metálicas de 3 amostras de ferro pudlado são indicados na Tabela 4 (foi imposto, durante a análise dos resultados, que os elementos se encontravam na forma daqueles óxidos).

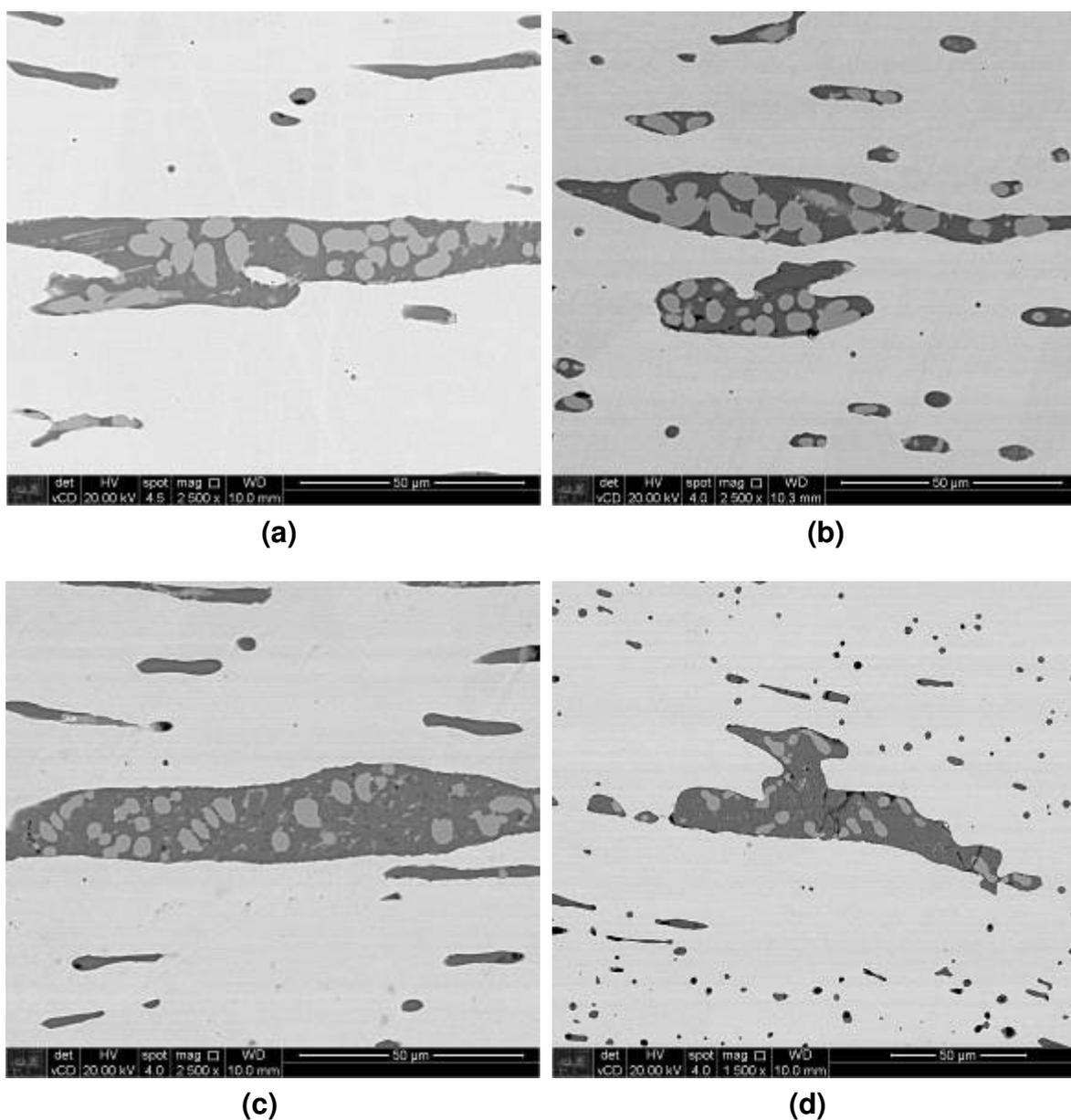


Figura 6 - Microestrutura das inclusões não metálicas do ferro pudlado. (a) Amostra 4, TP-1, (b) Amostra 6, PP-2, (c) Amostra 13, PP-5 (d) Amostra 17, TP-7. Microscopia eletrônica de varredura, imagem de elétrons retroespalhados

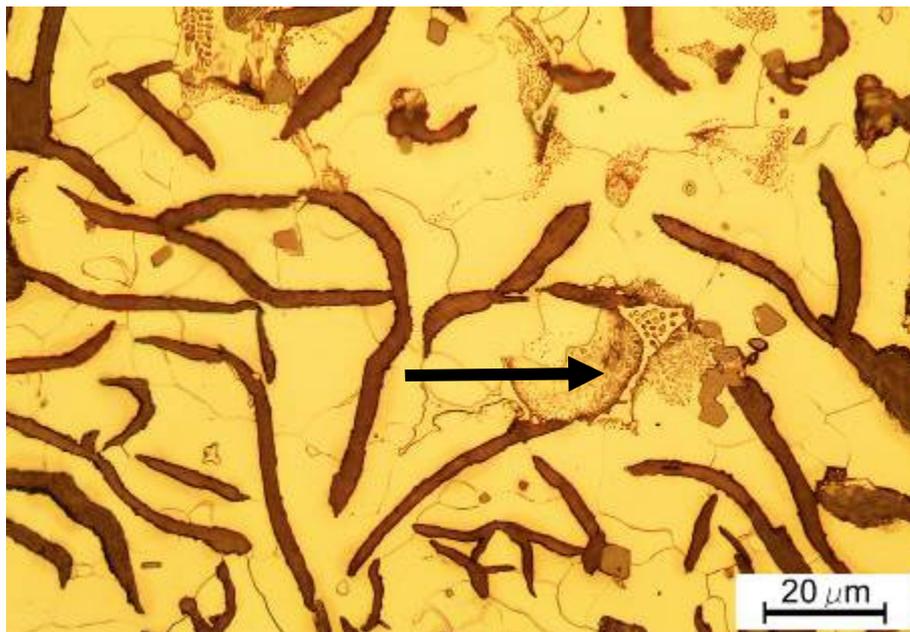
Tabela 4 - Microanálise química da fase wustita das inclusões não metálicas de três amostras de ferro pudlado

Amostras	Microanálise química	
	Oxido	Teor (% em massa)
Amostra 4 TP-1	Al ₂ O ₃	0.2
	SiO ₂	0.3
	TiO ₂	0.4
	V ₂ O ₅	1.0
	FeO	97.9
Amostra 6 PP-2	Al ₂ O ₃	0.3
	SiO ₂	0.3
	TiO ₂	0.4
	V ₂ O ₅	0.6
	MnO	0.2
	FeO	98.3
Amostra 14 PP-5	Al ₂ O ₃	0.8
	SiO ₂	0.7
	P ₂ O ₅	0.2
	TiO ₂	0.6
	V ₂ O ₅	0.9
	MnO	0.2
	FeO	96.4

A microestrutura do ferro fundido cinzento revelou veios de grafita do tipo A em matriz ferrítico-perlítica, com presença de steadita (vide setas) – microconstituente eutético ternário, formado pela transformação da fase líquida remanescente em Fe (austenita), carboneto de ferro (Fe₃C) e fosfeto de ferro (Fe₃P) – comum em ferro gusa (vide Figuras 7a e 7b) (STEFANESCU, 2008; HILLERT, 1975). Os resultados de dureza Rockwell B (vide Tabela 4) foram usados para estimar o limite de escoamento dos ferros pudlados (valor estimado em MPa), multiplicando o valor da dureza Rockwell B pelo valor de 4,51, seguindo correlação proposta (BOWMAN, 2014).



(a)



(b)

Figura 7 - Caracterização microestrutural das amostras de ferro fundido cinzento (base da coluna Phoenix), mostrando veios de grafita, steadita (setas) e matriz ferrítico-perlítica. (a) Amostra BP-1, 20x; (b) Amostra BP-1, 50x. Microscopia ótica, Ataque com Nital 5%

Os resultados de microdureza Vickers (vide Tabela 5) das amostras de ferro pudlado apresentaram valores entre 135 e 198HV, sugerindo que esta heterogeneidade é decorrente da presença subsuperficial de inclusões de escória. Os resultados dos módulos de Young são mostrados na Tabela 6.

Tabela 5 - Medições de dureza Rockwell B em amostras de ferro pudlado (5 medidas) e o valor estimado do limite de escoamento

Amostra	Dureza HRB	Limite de escoamento (MPa)	Amostra	Dureza HRB	Limite de escoamento (MPa)
2	84	379	11	75	339
4	63	284	12	87	393
5	47	213	13	59	266
6	71	231	14	70	316
7	74	334	17	81	366
8	70	316	18	73	330
9	63	285	20	68	307
10	73	330			

Tabela 6 - Valores de microdureza Vickers da ferrita presente nas amostras de ferro pudlado (média de 7 determinações)

AMOSTRA	Dureza HV	AMOSTRA	Dureza HV	AMOSTRA	Dureza HV
2	135	7	198	12	145
4	153	10	142	17	139
5	151	11	160	18	143

Tabela 7 - Valores do módulo de Young das amostras de ferro pudlado por nanoindentação da matriz ferrítica

AMOSTRA	E (GPa)
4	198
6	198
7	192
13	187

4. Discussão

Os ferros pudlados podem ser identificados pela sua quantidade de inclusões de escória e distribuição heterogênea dos grãos de ferrita (Stötzel, 1997; Revilla, 2005). As amostras de ferro pudlado da ponte (colunas Phoenix e vigas transversais) apresentaram teor de carbono de 0,056% e altos valores de silício, fósforo e enxofre, vide Figuras 3 e 4 e Tabela 3. Os teores de silício e fósforo são afetados pela presença desses elementos nas inclusões de escória. Suas microestruturas revelaram matriz ferrítica de grãos equiaxiais, de tamanhos variados, com expressiva fração volumétrica de inclusões de escória (8 a 13%), vide Figuras 5a a 5d, condições que diferenciam o ferro pudlado dos aços Bessemer e Siemens Martin, muito mais limpos, que começavam a ser utilizados naquela época. Os valores de dureza das amostras de ferro pudlado variaram entre 47 e 87 HRB, vide Tabela 4, sendo que estes valores são afetados pelo teor de fósforo da matriz ferrítica, e estão em acordo com os valores encontrados em outras estruturas históricas de ferro pudlado (REVILLA, 2005; BUONOPANE, 1886).

Os valores estimados de limite de escoamento para os elementos estruturais fabricados em ferro pudlado (colunas de Phoenix e vigas transversais) estão entre 213 e 393MPa, vide Tabela 4. Estes valores estão em acordo com os valores de limite de escoamento encontrados para o aço SAE 1010 e para o ferro comercialmente puro (ambos na condição recozida), que ficam entre 250MPa a 350MPa². Os valores estimados do módulo de rigidez das amostras de ferro pudlado, média de 194GPa vide Tabela 6, estão um pouco abaixo dos valores típicos (entre 204 e 215GPa) encontrados para o aço 1010 e para o ferro comercialmente puro, ambos na condição recozida. As estimativas dos limites de escoamento e do módulo de elasticidade dos ferros pudlados, no entanto, desconsideram a presença de inclusões não-metálicas (fração volumétrica de aproximadamente 10%), que também atuam como concentradores de tensão, indicando que os valores “reais” do limite de escoamento e do módulo de rigidez dos elementos estruturais fabricados em ferro pudlado (colunas de Phoenix e vigas transversais) devem ser aproximadamente 25% abaixo dos valores estimados.

As inclusões de escória dos ferros pudlados apresentaram microestrutura duplex, vide Figuras 6a a 6d, constituída de matriz predominantemente rica em SiO₂ e dendritas de fase wustita, confirmando resultados da literatura (DILLMANN, 2007; BLAKELOCK, 2009; MAIA, 2015; MAMANI-CALCINA, 2017). Os resultados de microanálise química, vide Tabela 4, das inclusões de escória da Ponte Simón Bolívar (produzida pela empresa

² Granta Design. Cambridge Engineering Selector Software, 2019.

americana *Phoenix Iron Company*) apresentaram maiores teores de V_2O_5 e menores teores de TiO_2 e MnO , quando comparados aos resultados dos elementos estruturais da Ponte Dom Pedro II (localizada na Bahia, inaugurada em 1885 e produzida pela empresa escocesa *Mossend Iron and Steel Works*) (MAMANI-CALCINA, 2017). Estes resultados comprovam como ferros pudlados de diferentes proveniências possuem inclusões de escória com composições químicas características de cada processo produtivo (DILLMANN, 2007; BLAKELOCK, 2009; MAIA, 2015; MAMANI-CALCINA, 2017).

Adicionalmente, os elementos estruturais da Ponte Dom Pedro II (MAMANI-CALCINA, 2017) apresentam menor nível de inclusões (aproximadamente 6%) do que os componentes de ferro pudlado da Ponte Simón Bolívar (aproximadamente 10%), sugerindo que o controle do processo de fabricação de ferro pudlado na Escócia (*Mossend Iron and Steel Works*) era mais avançado do que nos EUA (*Phoenix Iron Company*), visto que os produtos foram manufaturados na mesma época e possuem diferentes teores de inclusões de escória.

Finalmente, as bases das colunas Phoenix foram manufaturadas em ferro fundido cinzento com matriz ferrítico-perlítica, que apresentam hoje em dia valores típicos de limite de escoamento entre 65 e 98MPa. Vale ressaltar que a microestrutura dos ferros fundidos das bases das colunas Phoenix apresentou microconstituente eutético duro e frágil (steadita), sugerindo que seus valores de limite de escoamento também devem estar abaixo dos valores típicos.

Conclusões

1. A análise dos resultados da composição química, microestrutura e fração volumétrica de inclusões de escória indicam que as vigas transversais e as colunas Phoenix da ponte Simón Bolívar foram manufaturadas em ferro pudlado, enquanto as bases das colunas Phoenix foram produzidas em ferro fundido cinzento ferrítico-perlítico com presença de steadita.
2. Estima-se que os valores de limite de escoamento das colunas Phoenix e das vigas da ponte da Simón Bolívar variem de 160 e 300MPa, enquanto o módulo de rigidez é próximo de 190GPa.
3. Os valores das propriedades mecânicas estimados no presente trabalho poderão ser usados para os cálculos de integridade estrutural da ponte por análise por elementos finitos para carregamento mecânico estático e dinâmico.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Universidade Nacional de San Agustín de Arequipa-Peru, Vice-Reitoria de Pesquisas, UNSA Investiga. Os professores Cesar R.F. Azevedo e Fernando J. G. Landgraf, ambos da EPUSP, agradecem ao CNPq pelas suas bolsas de produtividade em pesquisa e ao inestimável apoio prestado pelo Conselho à investigação científica e tecnológica no Brasil desde 1951.

Referências

BLAKELOCK, E.; MARTINON-TORRES, M.; VELDHUIJZEN, V.H.; YOUNG, T. Slag inclusions in iron objects and the quest for provenance: an experiment and a case study. *Journal of Archaeological Science*, v.36, p. 1745-1757, 2009. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jas.2009.03.032>. Acesso em: 12 ago. 2019.

BOUW, M.; WOUTERS, I.; VEREECKEN J.; LAURIKS L. Iron and steel varieties in building industry between 1860 and 1914 - A complex and confusing situation resolved. *Construction and Building Materials*, v. 23, n. 8, p. 2775-2787, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2009.03.009>. Acesso em: 12 ago. 2019.

BOWMAN, M.; PISKOROWSKI, A. Evaluation and repair of wrought iron and steel structures in Indiana. *JTRP Technical Reports*, Purdue University, p. 77-82, 2004. Disponível em: <https://docs.lib.purdue.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1555&context=jtrp>. Acesso em: 18 ago. 2019.

BUONOPANE, S.; KELTON, S. Mechanical Properties of Wrought Iron from Penns Creek Bridge (1886). In: *Historic Bridges: Evaluation, Preservation, and Management*. Boca Raton: CRC Press, Columbus, Ohio, 2008. p. 167-184. Disponível em: <https://www.taylorfrancis.com/books/9780429150807>. Acesso em: 12 ago. 2019.

DILLMANN, P.; M. L'HÉRITIER. Slag inclusion analyses for studying ferrous alloys employed in French medieval buildings: supply of materials and diffusion of smelting processes. *Journal of Archaeological Science*, v. 34, p. 1810-1823, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jas.2006.12.022>. Acesso em: 12 ago. 2019.

GUTIERREZ-PINTO, D. (2013). Gustave Eiffel En El Peru 1870 -1890: proyectos y obras. Tesis de maestria. Universidad Nacional de Ingeniera, Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Artes, Lima, Peru FAUA-UNI, 2013. Editorial Roel S.A.C.

HILLERT, M.; SÖDERHOLM, P.O. White and Gray Solidification of the Fe-C-P Eutectic. In: LUX, B.; MINKOFF, I.; MOLLARD, F. (Eds.). *Proceedings of the Second International Symposium on the Metallurgy of Cast Iron*, Geneva, Switzerland, May 29-31, 1974. Georgi Publishing, 1975. p. 197.

MAIA, R. R., DIAS, M.S.; AZEVEDO, C.R.F.; LANDGRAF, F.J.G. Archaeometry of ferrous artefacts from Luso-Brazilian archaeological sites near Ipanema River, Brazil. *REM: Revista da Escola de Minas*, v. 2, p. 187-193, 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/0370-44672015680151>. Acesso em: 12 ago. 2019.

MAMANI-CALCINA, E. A.; LANDGRAF, F. J. G.; AZEVEDO, C. R. F. Investigating the provenance of iron artifacts of the Royal Iron Factory of São João de Ipanema by hierarchical cluster analysis of EDS microanalyses of slag inclusions. *Materials Research*,

v. 20, p. 119-129, 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/1980-5373-mr-2016-0444>. Acesso em: 12 ago. 2019.

NEUMAN, W. Despite Rumors, not everything that towers is Eiffel's. *New York Times*, October 26th 2014. Disponível em: <https://www.nytimes.com/2014/10/29/world/americas/despite-rumors-not-everything-that-towers-is-eiffels.html>. Acesso em: 12 ago. 2019.

OLIVEIRA C. M. *Uma abordagem das propriedades mecânicas e microestruturais do ferro pudlado empregado em estruturas centenárias*. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal Fluminense, 2017, 64 p. Disponível em: <https://app.uff.br/riuff/bitstream/1/4535/1/Projeto%20Final%20-%20Camila%20v17.pdf>. Acesso em: 12 ago. 2019.

PINTO-RODRÍGUEZ, G. *Puente de Fierro*: Breve historia de una joya de ingeniería en Arequipa – Perú. Universidad Católica San Pablo. Disponível em: <https://ucsp.edu.pe/saladeprensa/articulos/puente-de-fierro-breve-historia-de-una-joya-de-ingenieria-en-arequipa-peru/>. Acesso em: 12 ago. 2019.

REVILLA, J. *Integridad estructural de vigas roblonadas de acero estructural antiguo*. Tesis, Doctorado en Ciencia de Materiales, Universidad Politécnica de Madrid, 2005. Disponível em: <https://core.ac.uk/reader/11990292>. Acesso em: 18 ago. 2019.

STEFANESCU, D. M. Thermodynamic Properties of Iron-Base Alloys. In: *ASM Handbook*, v. 15, Casting, ASM International, p. 41-55, 2008. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.1.3580.1442>. Acesso em: 12 ago. 2019.

STÖTZEL, G.; SEDLACEK, G; LANGERBERG, P.; DAHL, W. Material Identification and Verification for the Residual Safety of Old Steel Bridges. IABSE Workshop (Lausanne), Group Theme F, Fatigue Assessment. v. 76, p. 241-251, 1997. Disponível em: <http://doi.org/10.5169/seals-57478>. Acesso em: 12 ago. 2019.

A TECNOLOGIA COMO SOLUÇÃO PARA A ORGANIZAÇÃO E O ACESSO À INFORMAÇÃO?

Abordagens a partir do banco de dados geoprocessados do Centro de Referência e Pesquisa em Ciências Humanas (CRPCH): um diálogo com a Museologia Social

Carlos Magno Guimarães^{*}

Luana Carla Martins Campos Akinruli^{**}

Samuel Ayobami Akinruli^{***}

Resumo

Tendo por objetivo a preservação, organização e o acesso ao acervo arqueológico sob a guarda permanente do Laboratório de Arqueologia da Fafich/UFMG e do Centro Especializado de Arqueologia Histórica do Museu de História Natural e Jardim Botânico (MHNJB/UFMG), as ações desenvolvidas na conformação do Centro de Referência e

^{*} Laboratório de Arqueologia da Faculdade de Filosofia e Ciências Humanas da Universidade Federal de Minas Gerais, Av. Antônio Carlos, 6627, Caixa Postal 253, sala 2015, Cidade Universitária, Pampulha, Belo Horizonte, MG, CEP: 31270-901; carlosmagnoguimaraes@yahoo.com.br. Arqueólogo e historiador, coordenador do Laboratório de Arqueologia da Fafich/UFMG e do Centro Especializado de Arqueologia Histórica do Museu de História Natural e Jardim Botânico (MHNJB/UFMG), professor da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG).

^{**} Instituto de Inovação Social e Diversidade Cultural (INSOD), Rua Ernesto Braga, nº 70, Santa Amélia, Belo Horizonte, MG, CEP:31.555-040; luanacampos@insod.org. Arqueóloga, antropóloga e historiadora, coordenadora de projetos e pesquisas do Instituto de Inovação Social e Diversidade Cultural (INSOD), pós-doutoranda em História da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG).

^{***} Instituto de Inovação Social e Diversidade Cultural (INSOD), Rua Ernesto Braga, nº 70, Santa Amélia, Belo Horizonte, MG, CEP:31.555-040; ayobami@insod.org. Economista e especialista em geoprocessamento, diretor de gestão de inovação do Instituto de Inovação Social e Diversidade Cultural (INSOD), doutorando em Ciência da Informação na Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG).

Pesquisa em Ciências Humanas (CRPCH) dizem respeito a um quarto de século de pesquisas arqueológicas desenvolvidas na UFMG. Nos procedimentos teóricos e práticos desenvolvidos nessa experiência, serão postos em evidência neste texto alguns pontos em destaque, como a questão relacionada à organização e ao acesso à informação por meio do uso da tecnologia, especificamente através do geoprocessamento, o que promove a divulgação científica, a ampliação de audiências e ações de cunho colaborativo.

Palavras-chave: Arqueologia; Museologia; Gestão de Acervo; Geoprocessamento.

Introdução

O Laboratório de Arqueologia da Faculdade de Filosofia e Ciências Humanas da Universidade Federal de Minas Gerais foi implantado em 1995 para desenvolver ações de ensino, pesquisa e extensão na área da Arqueologia Histórica, voltadas inicialmente para temas relacionados à sociedade mineira a partir do início da colonização, em fins do século XVII, até o tempo presente. Pelos resultados de décadas de pesquisa e pela ampliação do seu escopo e território de atuação, consolida-se como Centro de Referência e Pesquisa em Ciências Humanas (CRPCH), de modo a promover ações com vistas também à salvaguarda de seu acervo, acesso e divulgação do conhecimento científico.

Nesse sentido, iniciativas de inventário, organização e musealização das suas coleções têm estado no horizonte de atividades, que contemplam a inovação tecnológica. Merece referência a produção de uma plataforma digital que não só permite acesso a uma interface do banco de dados com informações dos projetos desenvolvidos pelo Laboratório, como também o geoprocessamento das informações (desse banco de dados), o que inclui a geolocalização dos sítios arqueológicos especialmente inseridos nas regiões Sudeste e Centro-Oeste do Brasil. Assim, por meio da democratização do acesso às informações científicas, fomentam-se exposições e reflexões sobre a natureza dos vestígios, a implantação dos sítios arqueológicos, a heterogeneidade das coleções decorrentes, bem como a recepção desse conhecimento pelas audiências.

De forma a integrar as informações produzidas ao longo de um quarto de século, são também promovidas reflexões sobre as práticas contemporâneas de gestão de acervos e coleções universitárias, discussões pautadas na Museologia Social, e a relevância do entendimento do CRPCH como um espaço de formação, não somente para pesquisadores e estudantes, como para o público não-universitário. Nos processos de mediação e apropriação do conhecimento sobre o patrimônio material e, em decorrência sobre a imaterialidade das práticas culturais, existe ainda a preocupação com as formas

possíveis de assegurar a divulgação da diversidade cultural do Brasil, de forma a eliminar as barreiras sobre o conhecimento arqueológico e promover o entendimento das múltiplas representatividades dos grupos sociais formadores da sociedade brasileira em diálogo interdisciplinar.

Georreferenciando coleções, inventariando acervos arqueológicos

O Laboratório de Arqueologia da Faculdade de Filosofia e Ciências Humanas (Fafich) da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), que foi criado em 1995 pelo professor/coordenador Carlos Magno Guimarães, desenvolve pesquisas arqueológicas dedicadas ao campo da Arqueologia Histórica. Tem o objetivo de promover investigações de caráter científico que contribuam para o conhecimento da sociedade através de pesquisas interdisciplinares que tenham a arqueologia como base. Consta também de uma extensão de atividades no Centro Especializado de Arqueologia Histórica do Museu de História Natural e Jardim Botânico (MHNJB) da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG).¹

Dentre suas principais linhas de atuação constam discussões sobre a teoria e método em Arqueologia Histórica, com enfoque para temas como a Arqueologia da Diáspora Africana e dos Quilombos, Arqueologia da Mineração, Arqueologia do Campesinato, Arqueologia Ambiental, Arqueologia da Inquisição e Arqueologia da Inconfidência. Tratam-se, em grande medida, de diálogos vertidos para a sociedade colonial e imperial, cujos vestígios materiais promovem reflexões que contemplam, ainda, as políticas culturais de preservação do patrimônio arqueológico na contemporaneidade.

Um dos objetivos do projeto em execução se relaciona à promoção e atualização de um inventário sistemático a partir de uma discussão crítica dos procedimentos de catalogação, das indicações de conservação, controle e divulgação do acervo, de modo a refletir sobre o histórico de composição das coleções e de que forma o processo de inventário dialoga com os diversos níveis de temporalidades e espacialidades das áreas pesquisadas pelos projetos. Isso tendo em vista que se faz necessário atuar na divulgação do conhecimento científico e, para tanto, o recurso às ferramentas

¹ Para maiores informações sobre o desenvolvimento das atividades do Centro Especializado de Arqueologia Histórica, e mesmo sobre os meandros históricos da pesquisa em arqueologia na UFMG a partir do MHNJB em encontro à Fafich, conferir o artigo (GUIMARÃES, Carlos Magno; MORAIS, Camila Fernandes de. O Centro Especializado de Arqueologia Histórica do MHNJB da UFMG. *Arquivos do Museu de História Natural e Jardim Botânico*, Belo Horizonte, v. 23, n. 2, p. 281-296, 2014). Centrado na Arqueologia Pré-Histórica, verificar pequena nota sobre o movimento de inflexão das pesquisas para a Arqueologia Histórica na UFMG consta do artigo (PROUS, André. As Muitas Arqueologias das Minas Gerais. *Revista Espinhaço*, v. 2, n. 2, p. 36-54, 2013).

tecnológicas – o que inclui uma plataforma digital de divulgação científica – foi uma das escolhas possíveis e necessárias no contexto do acervo do Laboratório de Arqueologia Histórica da Fafich/UFMG, vislumbrando tanto a ampliação do acesso aos usuários e reflexão sobre os acervos e coleções, quanto à relevância da documentação como um registro de memória também dos processos científicos e da própria instituição de guarda.²

Para tanto, a conformação do Centro de Referência e Pesquisa em Ciências Humanas (CRPCH) foi necessária não somente para gerir o acervo resultante de quase 25 anos de pesquisas científicas com, pelo menos, 30 projetos de pesquisa de grande envergadura desenvolvidos ao longo do tempo, como também a fim de promover o espaço como referência no campo da Arqueologia Histórica nacional e internacionalmente, de forma a incentivar discussões e ações em torno do conhecimento, acesso, preservação e pesquisa em acervos arqueológicos.

Inicialmente, quatro principais eixos têm sido desenvolvidos de maneira concomitante, contudo modelados em compassos relacionados aos grandes desafios intrínsecos ao volume de informações e nível de organização desejado, associados às questões estruturais como a disponibilidade de mão de obra e de recursos financeiros. Os eixos são:

- a) Memória Institucional do Laboratório de Arqueologia da Fafich/UFMG e do Centro Especializado de Arqueologia Histórica do Museu de História Natural e Jardim Botânico (MHNJB/UFMG): criação de uma linha de tempo dos projetos desenvolvidos ao longo dos anos, com indicação da equipe envolvida, bem como dos resultados alcançados e acervos resultantes; pesquisa, organização e disponibilização da produção bibliográfica decorrente das pesquisas científicas realizadas, bem como do acervo bibliográfico e arquivístico existente; discussão das linhas temáticas de atuação da instituição; planejamento, produção e execução de registros de memória (vídeos, pílulas-textuais, livros, eventos científicos, etc.).

² A pedido da Sociedade de Arqueologia Brasileira (SAB), recentemente (2019) foi desenvolvida e lançada a plataforma ARQ-GEO, cujo objetivo é reunir informações importantes sobre a formação profissional da arqueologia no Brasil. Por meio da programação criada e disponível on-line (<https://arggeo.insod.org/en>) é possível pesquisar informações estatísticas e utilizar ferramentas de geolocalização sobre os cursos de arqueologia no Brasil. Além de um balanço sobre o campo da arqueologia no Brasil, em seus aspectos institucionais de formação profissional e que indicam sobre as áreas (temáticas e geográficas) de concentração da pesquisa em arqueologia no país, o Projeto ARQ-GEO ressaltou discussões sobre os procedimentos de acesso à informação em uma ação voltada à memória social do conhecimento, de forma a promover um diálogo interdisciplinar entre a arqueologia e seus campos afins, fundamentalmente entre o Geoprocessamento e as Ciências da Informação.

- b) Gestão do acervo arqueológico: revisão da organização prévia existente dos acervos dos projetos e pesquisas desenvolvidos; revisão da identificação, quantificação e da disposição do acervo em coleções; readequação do inventário prévio, com quantificação e organização dos dados produzidos pelas pesquisas do Laboratório a partir do tratamento dos dados digitais e impressos; criação, validação e preenchimento das fichas padrão de inventário (Ficha Projeto Arqueológico, Ficha Sítio Arqueológico, Ficha Acervo Arqueológico); revisão inventário; discussão e criação de políticas de acesso e gestão por meio da versão final do plano museológico da instituição.
- c) Produção e atualização dos sites, mídias sociais e plataformas digitais: debates, reflexões e realizações dedicados à divulgação, construção de textos e identidade visual; domínio e hospedagem de conteúdo; testes, avaliação e manutenção da programação.
- d) Georreferenciamento do conhecimento arqueológico: mapeamento dos projetos, sítios, acervos e informações produzidos pelas pesquisas desenvolvidas; criação e validação da ficha padrão do banco de dados em sistema MySQL (*open source*); tratamento dos dados (acervo digital); programação, alimentação e atualização da plataforma digital.

São muitos os desafios associados às práticas de gestão de acervos arqueológicos e, contemporaneamente no Brasil, tais debates têm sido ampliados por meio, por exemplo, da constituição de fóruns e grupos de pesquisa, na realização de eventos interdisciplinares sobre a temática, ou por meio da criação de documentos de referência a exemplo de protocolos e manuais de conservação/documentação.³ É um movimento também fomentado pelo IPHAN no aspecto de identificar, quantificar, avaliar e fiscalizar

³ Ver, por exemplo, o GT SAB Acervos que juntamente com a Rede de Museus e Acervos Arqueológicos (REMAAE), acabou de realizar o III Fórum de Acervos Arqueológicos em Belo Horizonte (2019), tendo o primeiro encontro realizado em Ouro Preto (2017) e o segundo no Rio de Janeiro (2018). Experiência ainda anterior, devemos fazer referência ao Seminário de Preservação de Patrimônio Arqueológico realizado pelo Museu de Astronomia e Ciências Afins (MAST) que na atual quinta reunião (2019) promove diálogos a partir do Rio de Janeiro desde o ano de 2013. Cf. CAMPOS, Guadalupe do Nascimento; GRANATO, Marcus. *Anais do IV Seminário Preservação de Patrimônio Arqueológico*. Rio de Janeiro: Museu de Astronomia e Ciências Afins, 2016. CAMPOS, Guadalupe do Nascimento; GRANATO, Marcus. *Preservação do Patrimônio Arqueológico: desafios e estudos de caso*. Rio de Janeiro: Museu de Astronomia e Ciências Afins, 2017. Acervo da SAB. *Recomendações de Ouro Preto/Abril – 2017 – Fórum de Arqueologia da SAB – Acervos Arqueológicos*. *Revista Arqueologia Pública*, v. 11, n. 2, p. 02-05, 2017.

Trata-se de encontros que fomentam a troca de experiências aplicadas à gestão de acervos arqueológicos, sejam elas já consolidadas ou em fase de implantação, com discussão ampliada sobre os manuais, práticas de documentação, protocolos de ingresso, extroversão e conservação nas instituições, de forma a congregar um público diverso formado por representantes das instituições de guarda e pesquisa em acervos arqueológicos, profissionais autônomos, equipes prestadoras de serviço em arqueologia, conservação e museologia, além de estudantes de diversos campos do conhecimento, sendo que a maioria dos participantes desses eventos está diretamente inserida na preservação do patrimônio arqueológico brasileiro.

as instituições de guarda dos acervos arqueológicos no país, responsáveis pelos endossos institucionais, cujos dados ainda têm sido conformados e atualizados em um banco de dados nacional.⁴

No bojo das grandes possibilidades aventadas pelas discussões decorrentes das práticas de salvaguarda – conservação e documentação – dos acervos arqueológicos que, em grande medida, estão associados à elaboração de recomendações e diretrizes para os processos de ingresso de acervos arqueológicos em instituições de guarda e pesquisa, envolvendo práticas cotidianas que vão desde a coleta até o acondicionamento de bens e coleções, ressalta-se aqui um aspecto específico e intrínseco a tais práticas. Em nosso caso particular, além dos grandes desafios experienciados no cotidiano das ações de produção do conhecimento e acautelamento dos bens arqueológicos, têm-se ainda as discussões sobre o trabalho colaborativo, vinculados ou não a outras pesquisas existentes no campo do conhecimento científico, mas que também dialoguem e promovam aproximações com as comunidades, seus vínculos e práticas com os territórios aos quais os acervos possam estar associados.

Assim, uma das questões ventiladas em relação ao nosso acervo e às nossas práticas de preservação, diz respeito ao interesse em se promover redes de informação e interação das audiências, em uma perspectiva teórico-prática dedicada à divulgação científica, com reflexões sobre as experiências de transmissão, apropriação e recepção da informação. E, nesse panorama, é feita a pergunta se as tecnologias podem fomentar os processos de comunicação que, de forma permanente, estão cada vez mais presentes em nosso cotidiano.

A Museologia Social no horizonte de expectativas e de ações: desafios e possibilidades sobre as práticas de memória

Há de se destacar que a “memorização pelo inventário, pela lista hierarquizada não é unicamente uma atividade nova de organização do saber, mas um aspecto da organização de um poder novo” (LE GOFF, 1990, p. 436). Segundo Le Goff, esses procedimentos de memória artificial que usam recurso ao escrito como suporte da memória estiveram muito ligados às atividades de realeza desde os tempos dos egípcios. Mas, foi com os gregos, que se deu uma transposição da memória individual basicamente oral para a coletiva, por meio da contribuição de uma história de um grupo

⁴ CADASTRO NACIONAL DAS INSTITUIÇÕES DE GUARDA E PESQUISA (CNIGP/IPHAN). Disponível em: <http://portal.iphan.gov.br/cna/pagina/detalhes/1429>. Acesso em: 03 de set. 2019.

social que conquistava seu passado coletivo por meio da escrita. Inicialmente divina, para depois laicizada tal memória. Adiciona-se a esse debate a menção à revolução da imprensa no século XV e, recentemente, a nova revolução documental promovida pelo aparecimento de um “novo tipo de memória” que, de acordo com Le Goff, em grande medida, foi potencializado pelo computador e pelas possibilidades de criação de bancos de dados, o que estendeu as possibilidades do ato de lembrar (LE GOFF, 1990, p. 469).

Dito de outra forma, a memória que celebra o patrimônio cultural, em grande medida uma memória oficial e oficiosa, está muito ligada a certos interesses e desejos de se construir, ainda hoje, uma determinada representação e uma memória coletiva de coesão social, seja nacional, política ou religiosa (DURKHEIM, 1999). A memória tem muito a ver não somente com o passado, mas com a identidade e a própria persistência do porvir. A identidade de um grupo – as suas diferenças em relação a outros grupos – é construída por meio de um conjunto de representações, imagens e simbologias apreendidas pelos sentidos, pelas representações, pela memória. A memória, portanto, funciona de forma ativa na reconstrução do passado através de suas experiências anteriores, e interfere nas formas de interpretação da realidade. O não entendimento das estratégias específicas do repertório da memória é também um dos resultados do contexto de modernidade que tende a desfazer o antigo em detrimento do novo, o que gera ondas de nostalgia e de salvaguarda daquilo que represente o tempo perdido. Mas que represente o que é relevante para quem está na situação de poder e de autoridade definir que é relevante.

Em nossa contemporânea *memorylands*, a sensação é de perda, de um vazio que só pode ser preenchido pela admiração mítica da coisa antiga, pela atração irresistível aos centros históricos e construções pretéritas, e pelo incremento turístico provocado pelos museus e, claro, que mobilizam grandes esforços no aspecto de um uso bastante conveniente da cultura (MACDONALD, 2013; YÚDICE, 2004). Pierre Nora chegou a tratar desse panorama como uma aceleração da história que, para além de metáfora, tratar-se-ia de “uma oscilação cada vez mais rápida de um passado definitivamente morto, a percepção global de qualquer coisa como desaparecida – ruptura do equilíbrio”. Até arrematar concluindo que se fala “tanto de memória porque ela não existe mais”.

A curiosidade pelos lugares onde a memória se cristaliza e se refugia está ligada a este momento particular da nossa história. Momento de articulação onde a consciência da ruptura com o passado se confunde com o sentimento de uma memória esfacelada, mas onde o esfacelamento desperta ainda a memória suficiente para que se possa colocar o problema de sua encarnação. O sentimento de continuidade

torna-se residual aos locais. Há locais de memória porque não há mais meios de memória. (NORA, 1993, p. 7)

Apesar de certo pragmatismo de Pierre Nora, defende-se a premissa da plasticidade da sociedade que sempre produz formas criativas de inovar. E, nesse aspecto, há diversas lutas sociais que pretendem e trazem à tona diversas outras narrativas memorialísticas e, portanto, patrimoniais que procuram representar outras e diversas identidades. Nesse contexto se inserem discussões bastante contemporâneas sobre a ampliação e recepção das audiências.

Preservar é a reação à altíssima velocidade destrutiva da modernidade e da pós-modernidade pautada na amnésia generalizada dos sujeitos fragmentados que tentam estabelecer laços identitários com os lugares. Os museus, arquivos e instituições de guarda de acervos, nesse sentido, revelam as tensões e contradições entre a necessidade de esquecer e o desejo de lembrar, de modo que os procedimentos museológicos são marcados por recortes e critérios de seleção bastante específicos. Porém, “o que é mais importante, neste caso, é o reflexo da implantação do museu sobre a vida e crescimento da cidade. O conteúdo de seu acervo é intrinsecamente vinculado à memória da comunidade” (CAMPELLO, 1994, p. 120).

A onda de musealização da qual nos aponta Huyssen, vai de encontro a essa tendência, uma vez que “é um efeito direto da modernização e não um acontecimento à sua margem ou fora dela. Não é o sentido seguro das tradições que marcam a origem dos museus, mas a sua perda combinada com um desejo profundo pela (re)construção” (HUYSSSEN, 1994, p. 36). Neste aspecto, as noções de patrimônio cultural e museus nascem em perspectiva análoga.

É também nesse movimento que toma fôlego uma obsessão contemporânea pelas ruínas, que reflete o protagonismo contemporâneo da nostalgia entendida como um “anseio de algo muito distante ou que ficou no passado” (HUYSSSEN, 2014, p. 91), o que é capaz de valorar escombros de modo a transformá-los em ruínas, passíveis de serem consumidas. A busca pelas ruínas expõe a saudade de uma era anterior e a extinção de uma capacidade criativa do “poder de imaginar outros futuros. Ao passo que a persistência da nostalgia expressa a emergência de novos sentidos de temporalidade que na pós-modernidade, reflete em assimetrias radicais entre presente, passado e futuro, e em uma visão de mundo pautada em noções lineares de progresso e em concepções radicais a respeito da irreversibilidade do tempo. E deve ser, por assim dizer,

que Michaela Giebelhausen indicou que o “museum has always had a special and controversial relationship with time and history” (GIEBELHAUSEN, 2012, p. 234).

Entre la aceleración del tiempo y la vocación memorialista hay coincidencias. Precisamente la aceleración produce el vacío de pasado que las operaciones de la memoria intentan compensar. El nuevo milenio se abre sobre esta contradicción entre un tiempo acelerado que impide el transcurrir del presente, y una memoria que busca dar solidez a ese presente fulminante que desaparece comiéndose a sí mismo. (SARLO, 2001, p. 98)

Andreas Huyssen na obra já citada *Culturas do presente-passado* (2014) discorre sobre aspectos intrínsecos à política da memória e seu contemporâneo processo de transnacionalização em oposição ao momento anterior de uma política global dos memoriais. Para tanto, o autor reflete de maneira mais abrangente sobre o “surto de expansão da memória” (HUYSSSEN, 2014, p. 239) por meio da comparação entre dois grandes memoriais – o Monumento aos Judeus Assassinados da Europa em Berlim e o Memorial do 11 de Setembro em Nova Iorque.

Essa dimensão política da comemoração foi acompanhada, no Ocidente, por uma transição mais generalizada da crença dominante no futuro da modernização para um investimento muito difundido no passado, através de ondas de nostalgia e moda retrô. Para alguns, essa obsessão recente com a memória marca uma necessidade crescente de historicidade num mundo de obsolescência planejada, bem como no presente em eterna expansão da cultura de consumo. (...) Na verdade, a própria memória pode tornar-se uma mercadoria a ser colocada em circulação por uma indústria voraz da cultura, sempre em busca de novos floreados. (HUYSSSEN, 2014, p. 239)

Doravante, neste contexto atual de relevância concedida à memória – com seu poder de conhecimento e de produção de esquecimentos –, devemos ressaltar a dimensão informacional do patrimônio e de seus acervos, considerando a própria informação como um patrimônio (FERNÁNDEZ-ABALLÍ, 2009). Na área da Ciência da Informação, a questão do patrimônio já foi tratada como “novas roupagens” do campo que reflete, em grande medida, “novos recursos, novos enfoques, novas técnicas, novas dimensões, novas necessidades, novos aparatos, mas fundamentalmente, de novos conceitos e, conseqüentemente, de novas abordagens e novos ângulos de análise” (SILVA; BARROS, 2009, p. v). Conforme ressaltado, em outra medida, as próprias informações são consideradas “patrimônio da humanidade (ou de um grupo social)” (SILVA; BARROS, 2009, p. v), posto que confirmam um patrimônio informacional precioso.

Como patrimônio material ou imaterial, a herança recebida ou o legado a ser deixado em termos de informação (fator potencial de conhecimento)

dependem não só da memória para se constituir, envolvendo imaginário, valores, cultura, etc., mas também da preservação que lhe seja dedicada, inclusive da segurança vigilante e adequada a cada caso ou evento. (SILVA; BARROS, 2009, p. vii)

Como bem ressaltado por Isidro Fernández-Aballí, o século XX – e incluímos também o século XXI, após o dramático incêndio do Museu Nacional no Rio de Janeiro em setembro de 2018 – viveu o dramático auge de uma perda da memória coletiva através da sua destruição consciente por parte, especialmente, “de gobiernos partidários de determinadas tendências políticas que desearam borrar el pasado y modificar la historia a su conveniencia, o de conflictos bélicos, o de desastres naturales” (FERNÁNDEZ-ABALLI, 2009, p. 5). Tal premissa parece ser contraditória em um contexto de ampliação das tecnologias informacionais em que deveriam facilitar as formas de preservação de documentos, memórias e histórias. Contudo, expõem-se, nesse ponto, os usos muito estratégicos das políticas de acesso à informação e de preservação os acervos, nas quais a inépcia administrativa é uma estratégia consciente atual de governabilidade.

A atenção é evidente quanto à “preocupação com a integridade física desses patrimônios culturais coletivos”, compostos de bens imóveis e móveis, materiais e imateriais “selecionados por serem considerados preciosos e insubstituíveis” (FONSECA, 2009, p. 24). Maria Cecília Fonseca defende, pois, que é preciso tratar as fontes primárias de informações como parte insubstituível da diversidade cultural da humanidade, uma vez que

se não forem objeto de alguma forma de preservação, delas não restará nem a memória e desaparecerão, sem deixar traços, juntamente com as circunstâncias e as sociedades que as produziram. Esse processo de perda, que atinge igualmente espécimes da fauna e da flora, acarreta também a perda de informações que sequer chegamos a alcançar. (FONSECA, 2009, p. 24)

Ela adiciona, ainda, o fato que no caso do patrimônio imaterial, há questões mais explicitamente complexas que se relacionam ao fato de o registro informacional daquele bem cultural ser realizado em um determinado momento histórico e que, assim, cristaliza um determinado momento de sua trajetória.⁵ A transformação “é muitas vezes o pré-requisito para a sobrevivência de certos processos culturais”, ao passo que também é

⁵ Sobre essa questão ressalta-se que no caso do Inventário Nacional de Referências Nacional (INRC), por exemplo, a cada dez anos o bem registrado em nível nacional como patrimônio imaterial pelo IPHAN, passa por um novo estudo de análise, visando a atualização do conhecimento sobre o bem, seu estado de conservação e as propostas de acautelamento. Cf. Decreto nº 3.551/2000. Maria Cecília Fonseca ainda problematizou sobre o fato de que o “tratamento dos dados e informações levantados nos inventários é sem dúvida um ponto da maior importância, pois não basta produzir informações. A criação de um banco de dados está prevista no Decreto 3.551/2000, mas o formato desse banco ainda está por ser definido”. In: (FONSECA, 2009, p. 28-29).

promotor de seu desaparecimento, uma “consequência natural e inevitável da mudança. Mas, a documentação desses processos, ainda que limitada, pode constituir um valioso repertório de informações que venham a ser útil para os projetos futuros desses grupos sociais” (FONSECA, 2009, p. 25-26). E que, por seu turno, por se tratar de um bem de uma coletividade, os usos e a divulgação de informações não podem ser feitos sem o consentimento e a participação dos produtores e transmissores desse patrimônio, ou melhor, deveriam ter o coletivo como protagonismo nesse processo informacional.⁶

Como ressaltou Alcenir dos Reis, é preciso também “explicitar o conceito de informação que norteia essa discussão, haja vista a existência de múltiplas formulações no que concerne ao entendimento do mesmo”. No âmbito das discussões sobre o patrimônio imaterial e a informação, ela parte da premissa que informação “é compreendida como um produto social e que a mesma se encontra perpassada pelas dimensões de historicidade, totalidade e contradição” (REIS, 2015, p. 108). Assim, a noção de informação se relaciona ao resultado das relações entre os homens, uma relação dinâmica e contraditória de construção de significados no e para o presente, subjacente às distintas relações de poder a sociedade, que autoriza – ou desautoriza – determinados discursos.

A questão presente ao diálogo entre Ciência da Informação, memória e patrimônio no que tange às expectativas foi retomado por Vera Dodebei no aspecto “de uma reconciliação entre arquivo e repertório ou inventário, podemos dizer que convivemos então com memórias do presente incorporadas, vivas e em constante transformação, e com memórias do passado registradas e armazenadas em arquivo”, quase um aforismo ao fato de “que o esquecimento tem duas formas de se manifestar – ativa e passiva – a memória também apresenta essa tensão entre esquecer intencionalmente e casualmente”. As instituições dedicadas à memória, nesse aspecto, “permitem não a reconstrução do passado, mas a construção de novas narrativas, novas memórias” (DODEBEI, 2015, p. 47). Isso, porque segundo a autora, uma contribuição do campo da Ciência da Informação para o debate, é promover que a noção de patrimônio deve ser contemplada em “todas as suas dimensões (arquivística, biblioteconômica e museal)” (DODEBEI, 2015, p. 53).

Contudo, diante das questões contemporâneas que se mostram imperativas em relação ao reconhecimento do outro, de seus direitos e de suas liberdades, da participação das

⁶ Segundo Letícia Julião, os inventários, tombamento e registros realizados com a efetiva participação das populações detentoras do patrimônio, ocasionam também em novas formas de se pensar as práticas museológicas (REIS; FIGUEIREDO, 2015, p. 94-95).

audiências, do público e das comunidades nos processos não somente de recepção mas produção do conhecimento há uma discussão cada dia mais vigorosa no campo da museologia no aspecto referente aos enfrentamentos de um colonialismo intrínseco a determinadas práticas de colecionismo, nos dispositivos de exposição, nas narrativas ali preservadas. Tal discussão se insere de forma mais vigorosa no campo em que se conformou como Museologia Social e/ou Ecomuseologia, que perpassa pela questão essencial da responsabilidade social do museólogo na contemporaneidade. Sob o viés da Museologia Social, o conhecimento produzido sobre o passado é também sobre o presente, e pretende contribuir para práticas cada vez mais abertas, críticas, reflexivas, heterogêneas, e mais bem preparadas em termos teórico-metodológicos.⁷

Sob este ponto de vista, as práticas museológicas são entendidas como atividades de relevância social e partem das políticas públicas destinadas à inclusão e à diminuição das desigualdades. E a Museologia Social teria como premissa básica a concepção de ser uma ferramenta de luta pela conquista da cidadania. A promoção do diálogo entre a produção científica e a prática social dos museólogos, de modo a inserir o profissional no contexto social e político no qual vive, é outra importante proposição. Discutir e evidenciar necessidades de se desenvolver estudos voltados para a investigação de problemas que remetam às inquietações e aos desafios das práticas do tempo presente. Além disso, cabe ressaltar que os pressupostos da Museologia Social se aplicam aos estudos do patrimônio e da memória de forma contundente, posto seu interesse na compreensão da dinâmica contemporânea com vistas a construir estratégias de intervenção na realidade.

Considerações finais

A abordagem proposta nesse texto teve o propósito de eleger alguns pontos de reflexão em torno das ações de preservação, organização e o acesso ao acervo arqueológico sob a guarda permanente do Laboratório de Arqueologia da Fafich/UFMG, de modo que não esgota as possibilidades de discussões. Aliás, fomenta a troca de experiências com outros lugares de memória sobre a forma como lidam com seus acervos, coleções, exposições, estruturas e as novas práticas de museologia com o intuito de identificar o nível de envolvimento da sociedade, as representações sociais e os usos sociais de seus acervos e instituições. Outras possibilidades dizem respeito aos grandes desafios do entendimento sobre um conjunto de experiências e vivências que conformam uma

⁷ André Desvallées e François Mairesse (2013) afirmam que o termo Museologia Social foi inserido e debatido no contexto português e na mesa redonda de Santiago do Chile em 1972.

determinada história e memória junto a uma coletividade e/ou seus usuários, narrativas que podem ser contadas pelos acervos arqueológicos.

As relevâncias construídas nos procedimentos de seleção, categorização dos acervos conjugados a determinados regimes de valor, de forma a convergir artefatos em bens consagrados por meio de uma lógica colecionista, manifestam também expressões culturais e modos de se fazer a salvaguarda em determinado momento histórico. Um dos caminhos encontrados em nossa experiência diz respeito ao uso das tecnologias relacionada à organização e acesso à informação, pelos procedimentos de geoprocessamento que, em um possível diálogo com ações colaborativas, tende a verter de forma mais ampliada para os debates sobre as cartografias sociais.

Referências

Acervo da SAB. Recomendações de Ouro Preto/Abril – 2017 – Fórum de Arqueologia da SAB – Acervos Arqueológicos. *Revista Arqueologia Pública*, v. 11, n. 2, p. 02-05, 2017.

AZEVEDO NETTO, C. X. de (Org.). *Informação, Patrimônio e Memória: diálogos interdisciplinares*. João Pessoa: Editora UFPB, 2015.

CADASTRO NACIONAL DAS INSTITUIÇÕES DE GUARDA E PESQUISA (CNIGP/IPHAN). Disponível em: <http://portal.iphan.gov.br/cna/pagina/detalhes/1429>. Acesso em: 03 de set. 2019.

CAMPELLO, Glauco. Patrimônio e Cidade, Cidade e Patrimônio. In: HOLANDA, Heloísa Buarque de (Org.). *Revista do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional*, Rio de Janeiro, n. 23, 1994.

CAMPOS, Guadalupe do Nascimento; GRANATO, Marcus. *Anais do IV Seminário Preservação de Patrimônio Arqueológico*. Rio de Janeiro: Museu de Astronomia e Ciências Afins, 2016.

CAMPOS, Guadalupe do Nascimento; GRANATO, Marcus. *Preservação do Patrimônio Arqueológico: desafios e estudos de caso*. Rio de Janeiro: Museu de Astronomia e Ciências Afins, 2017.

DESVALLÉES, André; MAIRESSE, François (Eds.). *Conceitos-chave de Museologia*. São Paulo: Comitê Brasileiro do Conselho Internacional de Museus; Pinacoteca do Estado de São Paulo; Secretaria de Estado da Cultura, 2013.

DODEBEI, Vera. Tempos Memoriais e patrimoniais: notas de pesquisa sobre memória e informação. In: NETTO, Carlos Xavier de Azevedo (Org.). *Informação, Patrimônio e Memória: diálogos interdisciplinares*. João Pessoa: Ed. UFPB, 2015. p. 44-64. Disponível em: https://ceam2018.files.wordpress.com/2018/07/texto-4_-informac3a7c3a3o-patrimc3b4nio-e-memc3b3ria.pdf. Acesso em: 17 jan. 2020.

DURKHEIM, Émile. *Da divisão do trabalho social*. 2ª ed. São Paulo: Martins Fontes, 1999. [1893]

FERNÁNDEZ-ABALLÍ, Isidro. La información como patrimonio. In: SILVA, Helen de Castro; BARROS, Maria Helena T. C. de (Org.). *Ciência da Informação: múltiplos diálogos*. Marília: Oficina Universitária Unesp, 2009. p. 1-22. Disponível em:

https://www.marilia.unesp.br/Home/Publicacoes/helen_e%20book.pdf. Acesso em: 17 jan. 2020.

FONSECA, Maria Cecília Londres. Informação e patrimônio imaterial. In: SILVA, Helen de Castro; BARROS, Maria Helena T. C. de (Org.). *Ciência da Informação: múltiplos diálogos*. Marília: Oficina Universitária Unesp, 2009. p.23-30. Disponível em: https://www.marilia.unesp.br/Home/Publicacoes/helen_e%20book.pdf. Acesso em: 17 jan. 2020.

GIEBELHAUSEN, Michaela. In the museum's ruins: staging the passage of time. In: MACLEOD, Suzanne; HANKS, Laura Hourston; HALE, Jonathan (Eds.). *Museum Making: narratives, architectures, exhibitions*. London; New York: Routledge, 2012. p. 234-246.

GUIMARÃES, Carlos Magno; MORAIS, Camila Fernandes de. O Centro Especializado de Arqueologia Histórica do MHNJB da UFMG. *Arquivos do Museu de História Natural e Jardim Botânico*, Belo Horizonte, v. 23, n. 2, p. 281-296, 2014.

HUYSSSEN, Andreas. Escapando da Amnésia. O museu como cultura de massa. In: HOLANDA, Heloísa Buarque de (Org.). *Revista do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional*, Rio de Janeiro, n. 23, 1994.

HUYSSSEN, Andreas. A nostalgia das ruínas. In: HUYSSSEN, Andreas. *Culturas do passado-presente: modernismos, artes visuais, políticas da memória*. Rio de Janeiro: Contraponto; Museu de Arte do Rio, 2014. p. 91-114.

LE GOFF, Jacques. *História e Memória*. Campinas: Ed. UNICAMP, 1990.

LIMA, Tânia Andrade. Cultura Material: a dimensão concreta das relações sociais. *Boletim do Museu Paranaense Emílio Goeldi*, v. 6, n.1, p.11-23, 2011.

MACDONALD, Sharon. *Memorylands: heritage and identity in Europe today*. Londres; New York: Routledge, 2013.

MENESES, Ulpiano Toledo Bezerra de. Memória e cultura material: documentos pessoais no espaço público. *Revista Estudos Históricos*, v. 11, n. 21, p. 89-104, 1998.

NORA, Pierre. Entre Memória e História: a problemática dos lugares. *Proj. História*, São Paulo, n. 10, dez.1993.

PARDI, Mara Lucia Franco. *Gestão de patrimônio arqueológico, documentação de política de preservação*. Dissertação de Mestrado Profissionalizante em Gestão do Patrimônio Cultural, Universidade Católica de Goiás, 2002.

Projeto ARQ-GEO. Disponível em: <https://arqgeo.insod.org/en>. Acesso em: 03 set. 2019.

PROUS, André. As Muitas Arqueologias das Minas Gerais. *Revista Espinhaço*, v. 2, n. 2, p. 36-54, 2013.

REIS, Alcenir Soares dos. Informação e patrimônio cultural: aproximações. In: REIS, Alcenir Soares dos; FIGUEIREDO, Betania Gonçalves (Org.). *Patrimônio Imaterial em perspectiva*. Belo Horizonte: Fino Traço, 2015. p. 107-128.

SARLO, Beatriz. *Tiempo Presente: notas sobre el cambio de uma cultura*. Buenos Aires: Siglo Veinteuno, 2001.

SILVA, Helen de Castro, BARROS, Maria Helena T. C. de (Org.). *Ciência da Informação: múltiplos diálogos*. Marília: Oficina Universitária Unesp, 2009.

SILVEIRA, João Paulo Borges da. Tendências da produção científica brasileira sobre patrimônio cultural na Ciência da Informação. *RACIn*, v. 05, n. 01, p. 07-23, jan./jun.2017.

SOUSA, Rosilene P. M. de; OLIVEIRA, Bernardina M. J. F. de; NETTO, Carlos X. de A. Informação e patrimônio cultural: uma definição jurídica de informação patrimonial. *Perspectivas em Ciência da Informação*, v. 20, n. 03, p. 101-115, jul./set.2015.

YÚDICE, George. *A conveniência da cultura: usos da cultura na era global*. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2004.

ESTUDO DE CASO MOI 2: preservação documental das estruturas a partir da utilização do laser scanner

Fernanda Tavares Barreiros*

Felipe Querino Sobral**

Resumo

Próximo de onde existiu o Moinho Inglês foi identificada na etapa de monitoramento do “Programa de Gestão do Patrimônio Arqueológico das Obras de Revitalização da AEIU Portuária (Rio de Janeiro/RJ)” uma estrutura de alvenaria de blocos graníticos que originou a área de escavação denominada como MOI2.

A partir de então foram realizadas escavações objetivando identificar características morfológicas do solo, conteúdos artefatuais, processos antrópicos e naturais. Após detalhamento da estrutura foi possível constatar seu alto grau de integridade, apesar de visíveis impactos associados ao momento da construção do Elevado da Perimetral.

Os vestígios estruturais identificados são arte importante da Paisagem Cultural da área portuária e forneceram contribuições para interpretação e clareza da evolução da região; e encontram-se registrados na ferramenta *Infovias* desenvolvida pelo Programa, com sobreposição de mapas históricos e modelagens de uso social do território.

Uma vez que foi projetada a implantação de um túnel pela obra, não foi possível equacionar a possibilidade de manter e preservar a estrutura *in loco*.

Como medida adicional às atividades de escavação, foi aplicada a estrutura a ferramenta de preservação com registro em 3D, cujo uso de alta tecnologia como o Laser Scanner permite a preservação de excelência do registro deste bem e de sua memória, além de permitir a reprodução da estrutura em qualquer escala para fins museológicos e científicos.

Este conjunto de ações visa garantir a preservação do conhecimento científico, da significância social e da possibilidade de reprodução integral da estrutura física e dos dados obtidos para as gerações atuais e futuras, integrando as Paisagens Culturais da região portuária do Rio de Janeiro.

Palavras-chave: Estrutura portuária, linha de cais, 3D, laser scan, Infovias

* Documento Ecologia e Cultura, Caixa Postal 822, Cotia/ SP. Cep 06790-970; fernandatavares.arqueologia@gmail.com; licenciada em História; Arqueóloga.

** Documento Ecologia e Cultura, Caixa Postal 822, Cotia/ SP. Cep 06790-970; felipe.sobral@documentocultural.net; bacharel em Geografia e Mestre em Geologia; E-Science

Introdução

Próximo de onde existiu o Moinho Inglês foi identificada na etapa de monitoramento do “Programa de Gestão do Patrimônio Arqueológico das Obras de Revitalização da AEIU Portuária (Rio de Janeiro/RJ)” uma estrutura de alvenaria de blocos graníticos que originou a área de escavação denominada como MOI2.

O Moinho Inglês na cidade do Rio de Janeiro, no início do século XX, esteve inserido em um singular contexto econômico de modernização do país em função do capital inglês aqui investido, considerado por Richard Graham como o “investimento industrial de maior sucesso dos ingleses no Brasil” (GRAHAM 1973, p.152).

Com o passar dos anos e com a remodelação urbanística, veio a necessidade de promover uma cidade que deveria servir de vitrine e espelho de um país desejável, seguindo os modelos europeus de modernidade e civilização. Neste processo, quarteirões inteiros deram espaço a novas avenidas, praças e marcos urbanos foram elevados (CRULS, 1965, tomo II, p.642). Neste cenário as paisagens foram completamente alteradas e o Moinho Inglês teve sua estrutura diretamente impactada durante esse processo.

No ano de 2014, durante a prospecção arqueológica do “Programa de Gestão do Patrimônio Arqueológico das Obras de Revitalização da AEIU Portuária (Rio de Janeiro/RJ)”, não foram identificados vestígios arqueológicos ou de estruturas nas sondagens programadas e abertas nesta área, mas por se tratar de área de alto potencial arqueológico e por uso de modelagens preditivas e da sobreposição cartográfica da região, havia o conhecimento sobre a área e sobre a possível existência de vestígios arqueológicos no local.

Referenciais teóricos e metodológicos

Após a pesquisa científica realizada pela prospecção, e conforme procedimentos estabelecidos pelo Projeto Científico, deu-se início ao monitoramento da instalação das redes de subsolo previstas pela infraestrutura da obra. Foi através do monitoramento que se identificou a estrutura de linha de cais do Moinho Inglês, identificada na vala aberta pela obra, devidamente monitorada.

A princípio foi realizada a limpeza e o detalhamento manual da estrutura. A partir de então foram realizadas escavações objetivando identificar características morfológicas do solo, conteúdos artefatuais, processos antrópicos e naturais. Após detalhamento das estruturas foi possível constatar seu alto grau de integridade, apesar de visíveis impactos associados ao momento da construção do Elevado da Perimetral.

Os vestígios estruturais identificados são parte importante da Paisagem Cultural da área portuária e forneceram contribuições para interpretação e clareza da evolução da região; e encontram-se registrados na ferramenta *Infovias* desenvolvida pelo Programa, com sobreposição de mapas históricos e modelagens de uso social do território.

Esta Estrutura de Linha de Cais possui alto grau de integridade, com fundação em torno do início do século XX e desativação por volta de 1970, considerando a documentação histórica e a técnica construtiva observada que remete ao século XX. O primeiro vestígio estrutural identificado na área trata-se de uma estrutura de alvenaria com blocos graníticos regulares ligados por cimento em fileiras sobrepostas. Em sua porção menos impactada (NO), possui 2,20m de altura orientada sentido NO/SE em uma extensão de 23m. Os degraus de acesso à Baía da Guanabara encontravam-se preservados. Sua face SO foi cortada pela obra de construção do Elevado da Perimetral, onde é possível observar vestígios de sua fundação. Já na porção NO constata-se a penetração da cunha salina. Todavia, durante o prosseguimento da abordagem na área, foram evidenciadas duas novas estruturas em profundidade igualada ao nível da primeira estrutura registrada, que compreendem:

1 - Cinco estacas de madeira com altura média de 1,50m, possivelmente pertencente a um pier associado às demais estruturas de linha de cais que compunham o cais do Moinho Inglês, construídas entre o final do século XIX e início do século XX (vide **Figura 1**), localizadas na porção centro-leste da escavação. Este conjunto de estacas foi totalmente evidenciado, tendo-se aberto 5 sondagens de 1m² em suas imediações para análise de possíveis evidências materiais e/ou estratigráficas. O terreno continua sendo homogêneo e arenoso, compreendendo o aterro formado no local de soterrou as estruturas do Moinho Inglês.

2- Uma possível rampa de acesso à linha de cais do Moinho Inglês construída em alvenaria com blocos graníticos irregulares sem presença de argamassa (vide novamente **Figura 1**). Possui 0,40m de altura e uma extensão de (2,50 x 1,00)m. Parte dela já se encontrava impactada no momento em que foi evidenciada. Sua construção está prevista entre final do século XIX e início do XX, integrando o contexto do Moinho Inglês. O trabalho nestas estruturas compreendeu sua total evidenciação, limpeza e cadastro.

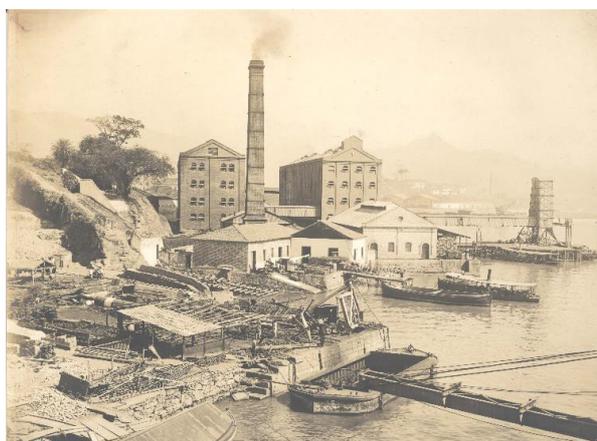


Figura 1 – Conjunto de estruturas registradas na área de escavação MOI2

Uma vez que foi projetada a implantação de um túnel pela obra, não foi possível equacionar a possibilidade de manter e preservar a estrutura *in loco*.

Como medida adicional às atividades de escavação, foi aplicada a estrutura a ferramenta de preservação com registro em 3D, cujo uso de alta tecnologia como o Laser Scanner permite a preservação de excelência do registro deste bem e de sua memória, além de permitir a reprodução da estrutura em qualquer escala para fins museológicos e científicos.

As imagens a seguir (Figura 2) destacam um dos exemplos do esquema de produção de conhecimento referente ao complexo do Moinho Inglês.



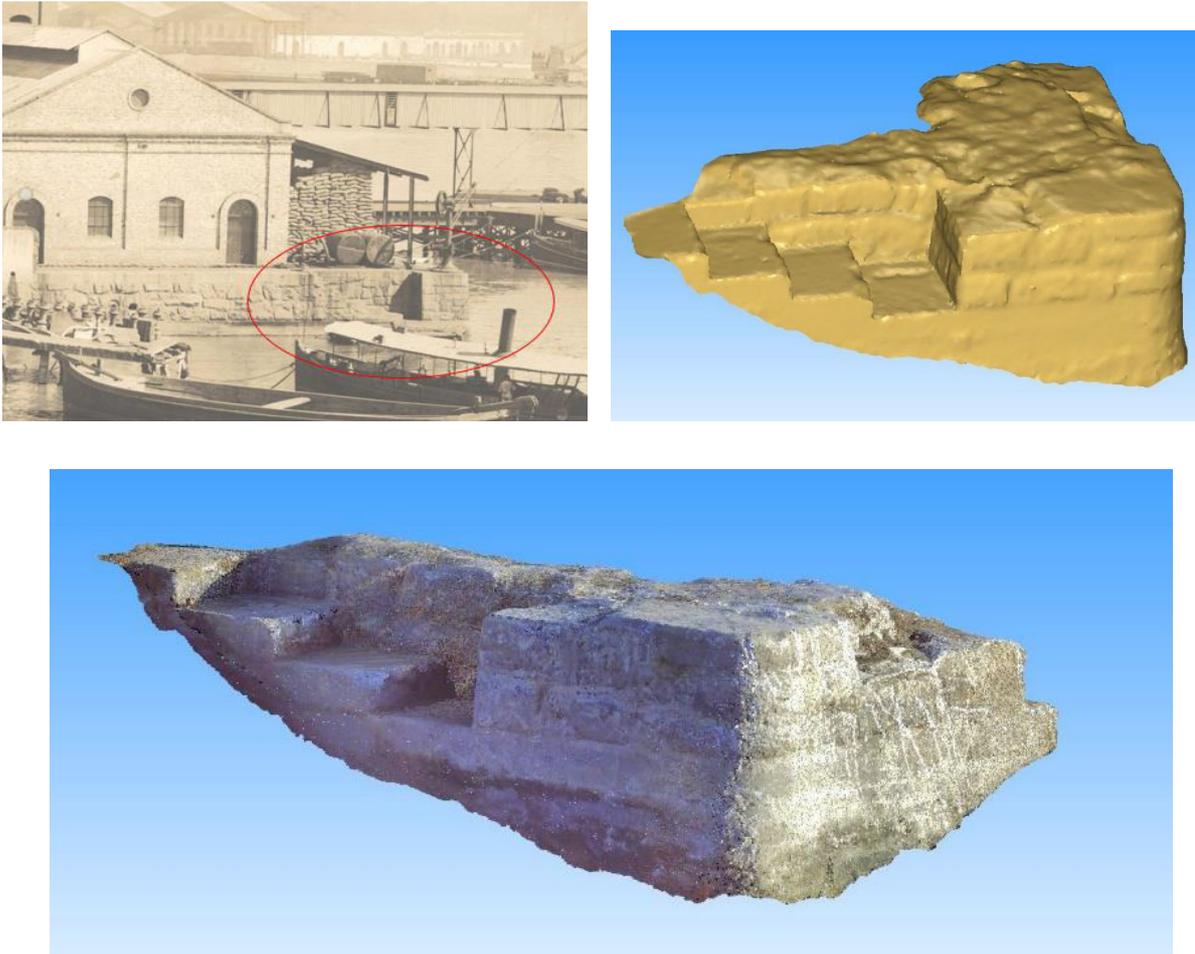


Figura 2 – Etapas de contextualização científica das estruturas arqueológicas da escavação MOI 2. Cartografia histórica (RIBEIRO, Emygdio, [Saúde], c. 1904-1911) do cais do Moinho Inglês.

A dinâmica da preservação do patrimônio cultural através de sua digitalização foi incorporada ao Programa de Gestão do Patrimônio Arqueológico – AEIU Portuária a partir da linha programática de E-science que é fortemente desenvolvida pelo grupo Documento. Esse conceito é utilizado para o enquadramento dos dados científicos gerados ao longo das pesquisas que se integram em Big Data para análises interdisciplinares do patrimônio cultural, potencializadas atualmente através da presença digital e da Internet das Coisas, de forma que o produto científico tenha um alcance social e seja um instrumento de governança do patrimônio pesquisado. Dessa forma, o ordenamento interno da produção científica e sua aplicação em Meio Ambiente Cultural sob a ótica da Ciência da Sustentabilidade, gera assim o espaço propício para o campo experimental de E-science: o E-lab, que se desenvolve a partir de laboratórios virtuais ambientado em plataformas SIG (Sistema de Informação Geográfica) Online do Grupo Documento, denominada Infovias Arqueológicas. Um Sistema de Informação Geográfica é uma ferramenta computacional de gerenciamento de dados geográficos capaz de integrar informações gráficas, como

imagens, mapas e informações não gráfica como tabela de atributos e inventários. Dentro do conceito de E-science aplicado nos trabalhos do Grupo Documento, o uso de ferramentas GIS se tornou fundamental no gerenciamento das atividades científicas, desde a fase de planejamento, passando pelas etapas de execução da pesquisa arqueológica à etapa de consolidação dos resultados. Essas ferramentas permitem a análise integrada da dinâmica de ocupação do espaço por populações que habitaram o local em momentos pretéritos e a configuração do terreno em seus aspectos naturais (no tocante à geomorfologia, proximidade de cursos fluviais e outras variáveis paisagísticas), bem como inferir sobre o grau de preservação de sítios arqueológicos a partir da identificação de áreas de preservação ambientais e uso do solo.

As Infovias permitiram a socialização destas informações lançando-as para além do âmbito acadêmico, a partir de ferramentas multimídia dispostas num ambiente interativo, num contexto de Arqueologia Pública. Seu objetivo principal é utilizar noções do espaço geográfico como um estímulo à reflexão acerca da distribuição dos sítios arqueológicos num terreno, que não é aleatória na paisagem, mas sim, derivada de tomadas de decisão para atividades cotidianas, desenvolvidas em distintos cenários históricos, como a escolha do local de habitação e apropriação de recursos.

Essa plataforma está embasada em premissas que são também utilizadas na fundamentação da escolha do Laser Scanner como ferramenta de preservação de patrimônio:

A - Aproximar a prática arqueológica aos usuários, de modo a inseri-lo dentro das metodologias habitualmente empregadas, desmistificando esse campo científico como inacessível ou ausente no Brasil e demonstrar que sua prática é uma realidade no processo de licenciamento de empreendimentos de diversos portes, obedecendo à legislação já vigente de proteção ao patrimônio arqueológico;

B - Atuar como uma ferramenta educativa, à medida que o princípio é contextualizar relações entre arqueologia e paisagem e utilizando o módulo gráfico como uma linguagem mais direta e didática.

Nesse sentido, os acervos 3D Georreferenciados dialogaram com os modelos preditivos propostos pela plataforma Infovias, produzindo resultados com contextualização geográfica e histórica na paisagem transformada do Porto do Rio de Janeiro, que foram integrados em um mesmo Big Data disponibilizado aos órgãos gestores.

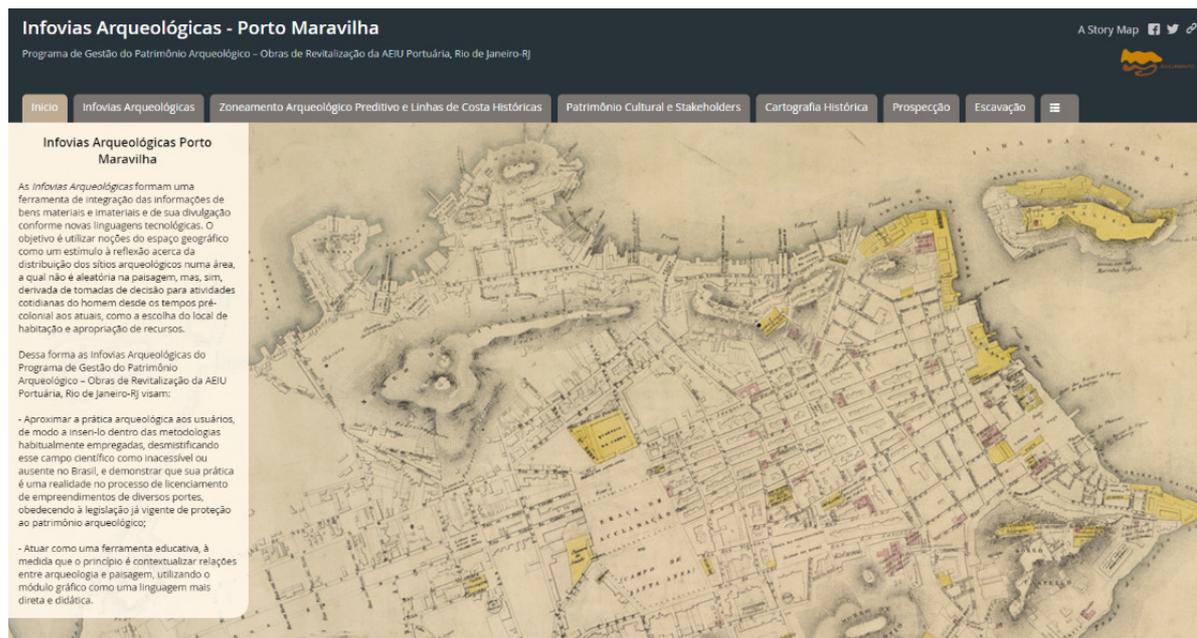


Figura 1 - Infovias Arqueológicas - uma aplicação de WEBGIS integrando o BIG DATA produzido ao longo do projeto.

Essa plataforma é um hub para que cientistas, comunidades, empreendedores e órgãos do governo possam ter acesso aos conteúdos científicos e aos cientistas de forma responsiva, além de apresentar nesses ambientes as análises de cenários históricos simulados que integram entre outros resultados de pesquisa, os vestígios arqueológicos digitalizados, tornando tangível o conhecimento ao patrimônio cultural muitas vezes removido de seu contexto ou preservado ainda em subsolo. Trata-se, por fim, de um importante instrumento de governança e gestão do patrimônio cultural e arqueológico que apoiará as tomadas de decisão em futuras intervenções que a cidade do Rio de Janeiro venha a receber.

A partir dessa perspectiva de E-science, aplicada no âmbito do Programa de Gestão do Patrimônio Arqueológico – AEIU Portuária, buscou-se a constante implementação de novas tecnologias como formas de preservação do patrimônio cultural identificado durante as etapas científicas do projeto. Aliado ao já citado uso intensivo de Sistemas de Informação Geográfica a partir do desenvolvimento da plataforma Infovias Arqueológicas como ferramenta de inteligência estratégica na gestão do projeto e do patrimônio, no ano de 2014 a Documentação implantou de forma inovadora, a metodologia do Laser Scanner em todas as suas frentes de pesquisa, dando início a formação de um vasto acervo virtual do patrimônio arqueológico do Programa. É importante destacar a definição desse tipo de acervo, de acordo com o projeto científico, expresso através do Relatório Final do Programa, onde:

Define-se como acervo virtual todos os registros em 3D obtidos através do uso do Laser Scanner ou Fotogrametria. É importante salientar que estes registros foram implantados a partir de 2014, como um dos avanços e aperfeiçoamentos continuados da metodologia de pesquisa. Já a fotogrametria passou a ser utilizada a partir de 2016. Anteriormente, foram utilizados procedimentos consorciados de registros fotográficos, elaboração de planta e filmagens, que resultaram em reconstituições com uso do programa AutoCad. Os registros 3D foram aplicados tanto para acervos in situ como para acervos ex situ, permitindo uso de réplicas fidedignas em exposições museológicas, mesmo para aqueles materiais coletados e integrados às reservas técnicas. (DOCUMENTO, 2015)

Para tanto, na análise das escavações arqueológicas, dentre elas destacando-se o caso da MOI 2, foram realizadas além dos procedimentos tradicionais de registro e detalhamento de pesquisa, o processo de digitalização da paisagem escavada a partir da presença do escaneamento a laser, permitindo aos cientistas alavancarem os resultados para níveis de reconstrução de cenários históricos indicados nos modelos preditivos das Infovias Arqueológicas, caracterizando a perspectiva da formação de um acervo virtual gerado durante as etapas de pesquisa campo, como um instrumento estratégico de preservação e até mesmo reconstrução de patrimônio arqueológico.

O procedimento ocorria com o posicionamento de estação em solo, modelo FARO, gerando como produto inicial as chamadas nuvens de pontos, que registram espacialmente a distribuição da superfície das áreas escaneadas, com informações de altimetria, coordenadas geográficas e a cor da área imageada. A alta densidade dessa nuvem de pontos, permite por sua vez a obtenção de detalhes mínimos das estruturas escaneadas e a geração de subprodutos com interface a divulgação dos conhecimentos científicos. Um desses subprodutos é a malha 3D, gerado em conjunto com o uso do software 3D Reshaper e que se trata de um formato de apresentação científica que traz uma visualização renderizada da nuvem de pontos, em seu estado bruto com o contexto presente da escavação, além de seu pós-processamento através da geração de uma malha triangulada a partir da nuvem de pontos, que forma uma representação detalhada da superfície das estruturas digitalizadas com suas texturas (rugosidade) e cores. Este formato é utilizado, a título de exemplo, para a reprodução das peças em impressoras 3D, além de permitir o uso em ferramentas de visualização em realidade virtual, realidade aumentada e navegadores 3D em uma variedade responsiva de dispositivos. Tal resultado é, portanto, um avanço adequado para apresentar detalhes de estruturas e escavações arqueológicas mais singulares.

Na escavação MOI 2, o uso dessa metodologia se fazia fundamental, visto que a localização geográfica da área de pesquisa, se dava na rampa de acesso do então novo túnel Marcelo Alencar. Dessa forma a preservação in situ já se demonstrava inviável, devido as características estratigráficas da área, que exigiam da obra escavações profundas para implantação da rampa do túnel. Assim a digitalização

permitiu, além da preservação das estruturas em acervo de grande porte, um registro de sua configuração original e ainda possibilitou a integração das informações obtidas durante o processo de escavação, com os dados científicos de E-science que apresentavam de forma georreferenciada o histórico de ocupação local, com plantas e imagens históricas que detalhavam o contexto de ocupação e uso das estruturas digitalizadas.

Resultados e discussões

Para caracterização e contextualização da estrutura de linha de cais, foram escavados o total de 230m². Para os sedimentos escavados das camadas mais superficiais, proveniente de dragagem para aterro da área, foi realizado o peneiramento amostral de 30%. Os demais depósitos com vestígios arqueológicos (camadas que envolviam ou não as estruturas arqueológicas) foram escavados manualmente e tratados com um peneiramento refinado de 70%.

Observou-se que a estrutura identificada já havia sido impactada por diversas obras de infraestrutura anteriores a esta intervenção, durante o processo de urbanização da zona portuária e provavelmente estender-se-iam para outras direções além do que se pode observar em campo. A intervenção de maior relevância foi realizada no momento da fundação do Elevado da Perimetral, na década de 1960, quando ocorreram sucessivos revolvimentos dos sedimentos naturais e aterros e ainda cortes nas estruturas arqueológicas existentes.

Durante a escavação foi coletada uma pequena quantidade de vestígios arqueológicos e localizavam-se na área intervencionada junto à estrutura de linha de cais. Esta escassez de vestígios arqueológicos deu-se basicamente em função dos sucessivos revolvimentos do aterro da região. Vale ressaltar que parte do material coletado resulta de refugo, estando em depósito secundário.

Após a realização de todos os registros, a estrutura foi integralmente desmontada a partir de acompanhamento e registro arqueológico, tendo sido encaminhada para guarda do Instituto Rio Patrimônio da Humanidade (IRPH), no Galpão B da Gamboa. A estrutura de linha de cais encontra-se preservada tanto no acervo de grande porte quanto no acervo virtual.

O acervo virtual gerado durante a escavação MOI 2 contou com a composição da nuvem de pontos detalhada das estruturas arqueológicas, apresentando sua espacialização tridimensional no terreno do projeto, permitindo também a sua geolocalização no contexto histórico a partir do uso de plantas pretéritas georreferenciadas, como por exemplo a Planta de 1901 do Porto do Rio de Janeiro, que trazia a implantação dos aterros e o perímetro do então cais relacionado as estruturas arqueológicas pesquisadas. Esse acervo faz parte um conjunto de dados digitalizados que foram disponibilizados ao IPHAN em mais de dois terabytes de dados provenientes dessa metodologia ao longo de diversas escavações ocorridas na região portuária a partir do projeto científico do Grupo Documento, o que

permite análises comparativas entre estratigrafias e métodos construtivos ao longo de toda a região portuária, inclusive com o detalhamento temporal dos acervos identificados.

Tendo em vista a preservação integral das partes que compunham a estrutura como um todo, destacamos ao final da pesquisa a possibilidade de remontá-la em algum local propício, como um instrumento de divulgação do conhecimento científico e da história do Rio de Janeiro. Para tanto, o acervo virtual composto pela digitalização que gerou a Nuvem de Pontos e a Malha 3D se torna um importante dado para a possível remontagem da estrutura. Além disso, foi produzido em ocasião da etapa de apresentação dos dados da pesquisa ao IPHAN-RJ, além da Síntese Executiva para Liberação de Área Avenida Rodrigues Alves / Moinho Inglês - Complementação de pesquisa em MOI 2 Fases 1, 2 e 3 Janeiro de 2015, uma réplica detalhada em escala da estrutura, desenvolvida através da técnica de impressão 3D em gesso, que preservou além dos detalhes morfológicos da estrutura, também suas texturas, cores e marcas, sendo esse produto também mais um formato de tangibilização do conhecimento gerado pela pesquisa, pois esse tipo de réplica pode ser levado a museus e exposições e apresentando em diversos locais sem que haja dano ou risco para o patrimônio arqueológico acautelado e preservado.

Este conjunto de ações visa garantir a preservação do conhecimento científico, da significância social e da possibilidade de reprodução integral da estrutura física e dos dados obtidos para as gerações atuais e futuras, integrando as Paisagens Culturais da região portuária do Rio e Janeiro.

Referências

- BORNAZ, L. 2005 LSR 2004 Software. A solution to manage terrestrial laser Scanner point clouds and solid images. In: International Workshop on Recording, Modeling and Visualization of Cultural Heritage. Ascona: Centro S. Franscini Monte Verità. p. 479-484.
- CRULS, Gastão. *Aparência do Rio de Janeiro de Janeiro*: notícia histórica e descritiva da cidade (tomo II). Rio de Janeiro: José Olympio, 1965.
- DOCUMENTO ECOLOGIA E CULTURA LTDA. *Síntese Executiva para Liberação de Área Avenida Rodrigues Alves / Moinho Inglês*. Complementação de pesquisa em MOI 2 Fases 1, 2 e 3. Rio de Janeiro, 2015.
- DOCUMENTO ECOLOGIA E CULTURA LTDA. *Projeto Científico*. Complementação de pesquisa em MOI 2 Fases 1, 2 e 3. Rio de Janeiro, 2015.
- GRAHAM, Richard. *Grã-Bretanha e o início da modernização no Brasil, 1850-1914*. São Paulo: Editora Brasiliense, 1973.
- KIELLMAN, E. *From 2D to 3D: A photogrammetric revolution in Archaeology?* Master's Thesis in Archaeology, Faculties of humanities, Social Science and Education, Department of Archaeology and Social Anthropology, University of Tromso, 2012;
- LAMARÃO, Sérgio Tadeu de Niemeyer. *Dos Trapiches ao Porto*: um estudo sobre a área portuária do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: Secretaria Municipal das Culturas, 2006.
- TURAZZI, Maria Inez; MELLO, Maria Teresa Vilela Bandeira de. *Um Porto Para o Rio*. Imagens e Memórias de um Álbum Centenário. Rio de Janeiro: Casa Da Palavra, 2012.

Webgrafia

GATTIGLIA, Gabriele. *Think big about data: Archaeology and the Big Data challenge*. In: *Archäologische Informationen*, vol. 38, 2015. Disponível em: https://www.academia.edu/14362660/Think_big_about_data_Archaeology_and_the_Big_Data_challenge. Acesso em: 10 nov. 2019.

MURDOCK, Andy. *Cyber-archaeology, big data and the race to save threatened cultural heritage sites*. In: *Phys.org*. Disponível em: <https://phys.org/news/2016-02-cyber-archaeology-big-threatened-cultural-heritage.html> Acesso em: 04 out. 2016.