ENTRE A CIÊNCIA E O PATRIMÔNIO: a aplicação de procedimentos analíticos na preservação de acervos metálicos

Jéssica Tarine Moitinho de Lima*

Marcus Granato**

Resumo

Nos últimos anos, o aumento da aplicabilidade das análises técnicas-científicas sobre o patrimônio possibilitou aos pesquisadores desta área um melhor entendimento sobre os objetos e as intervenções pelas quais o objeto passou ao longo de sua vida. Esta contribuição auxiliou diversas pesquisas e mudou o modo de avaliar e observar os acervos. Muitas são as ferramentas e estudos para melhor atingir a preservação dos acervos metálicos e os processos analíticos vêm se mostrando satisfatórios quanto a proporcionar respostas para diversos problemas na preservação. Este trabalho, relacionado à pesquisa de mestrado *“Entre a ciência e o patrimônio: A aplicação de procedimentos analíticos na preservação de acervos metálicos”*, realizada no âmbito do Programa de Pós-graduação em Preservação de Acervos Científicos, apresenta resultados preliminares, sempre tendo como perspectiva facilitar o acesso e a compreensão da aplicação dos processos analíticos aplicados a bens culturais com presença de metal como material constituinte. Ressaltam-se os benefícios, as principais indagações e alguns aspectos subjetivos que permeiam a relação interdisciplinar existente nesse processo. A publicação fruto desta pesquisa não tem intenção de compreender plenamente todos os casos, devendo ser analisadas outras metodologias, quando necessário. A separação entre procedimentos destrutivos e não destrutivos, invasivos e não-invasivos se mostra fundamental. Uma visão estrutural do resultado da pesquisa será abordado com pontos como: em quais materiais esse procedimento pode ser utilizado; uma pequena descrição de como ocorre o processo; o que esperar do resultado e como isso pode ser usado no campo da preservação; os aspectos negativos do uso da técnica em um bem cultural; a indicação do custo estimado da utilização da técnica; o tempo entre a preparação das amostras e o resultado; e onde pode se realizar no Brasil tal procedimento. Permeia nesta discussão os aspectos subjetivos e a eficiência das análises para fins de preservação.

Palavras-chave: procedimentos analíticos; patrimônio científico; preservação.

Abstract

In recent years, the increasing of technical-scientific analysis applied to heritage allowed researchers in this area to have a better understanding of the objects and interventions in which the object has been throughout its life. This contribution helped several studies and changed the way to assess and monitor the collections. There are many tools and studies to better achieve the preservation of metal collections, and analytical processes have shown to be satisfactory as to provide answers to several problems in preservation. This paper is related to the master's research "Between science and heritage: The application of analytical procedures for the preservation of metal collections" held within the framework of the Graduate Program in Preservation of Scientific Assets, presents preliminary results, always having as perspective to facilitate access to and to understand the application of analytical procedures applied to cultural goods with the presence of metal as a constituent material. It emphasizes the benefits, the main questions and some subjective aspects that permeate the exposed interdisciplinary relationship within this process. The publication of this research result does not intend to fully understand all the cases, and other methodologies should be reviewed when necessary. The separation between destructive and non-destructive, invasive and non-invasive procedures is fundamental. A structural overview of the results of the research will be addressed in points as: in which materials this procedure may be used; A short description of how the process occurs; what to expect from the result and how it can be used in the field of preservation; the negative aspects of the use of this technique in cultural heritage; the estimated cost of using the technique; the time between sampling and the result; and where this procedure can be done in Brazil. Permeates this discussion the subjective aspects and the efficiency of the analysis for preservation purposes.

Key words: analytical processes; scientific heritage; preservation.

Introdução

Conservar não se refere somente a manter o bem cultural intacto para as próximas gerações, também refere se à manutenção dos significados, seus aspectos intangíveis e à pesquisa sobre a atividade cultural e econômica. Quando uma sociedade atribui valor a um objeto, imediatamente a sua conservação se torna necessária.

Para melhor esclarecer os termos empregados neste artigo entende-se aqui por conservação, conservação preventiva, conservação curativa e restauração, as definições utilizadas pelo *International Council of Museums - Committee for Conservation (ICOM-CC)*¹. Nesse contexto, a conservação consiste de todas as medidas e ações que busquem a salvaguarda do patrimônio para assegurar seu acesso para as futuras gerações. O termo abarca 'conservação preventiva', 'conservação curativa' e restauração'. Sendo primordial que todas as medidas e ações respeitem as propriedades físicas e culturais do objeto.

¹ A definição na íntegra dos termos mencionados pode ser vista no endereço eletrônico: <<http://www.icom-cc.org/242/about-icom-cc/what-is-conversation/terminology/#.VpLT2PnhDIU>>.

Considerando a amplitude do termo, a conservação preventiva consiste em todas as medidas e ações indiretas que busquem evitar ou minimizar futuras deteriorações ou perdas. Elas são realizadas dentro do contexto ou nas proximidades de um objeto, mas mais frequentemente em um grupo de itens. Estas medidas e ações não interferem com os materiais e estruturas dos objetos, assim como não modificam sua aparência.

No que tange às ações diretas sobre os objetos, a conservação curativa consiste em todas as ações diretamente aplicadas a um item ou grupo de itens que visam deter ou retardar processos prejudiciais atuais ou reforçar a sua estrutura. Essas ações são realizadas apenas quando os objetos estão em uma condição tão frágil, ou se deteriorando a uma velocidade tal, que poderiam ser perdidos em um tempo relativamente curto. Estas ações, por vezes, modificam a aparência dos objetos.

Em última instância, considera-se a restauração como uma etapa limite da conservação, incluindo todas as ações aplicadas diretamente a um objeto único destinadas a facilitar o seu reconhecimento, compreensão e uso. Essas ações são realizadas apenas quando o objeto perdeu parte de seu significado ou função através de alteração ou deterioração no passado. Elas são baseadas no respeito pelo material original. Na maioria das vezes, estas ações modificam a aparência do objeto. Em outras palavras, nesta pesquisa a conservação é compreendida como um termo 'guarda-chuva' que engloba todas as medidas e ações no patrimônio cultural tangível, com três subcategorias: a conservação preventiva, a conservação curativa e a restauração (PINHEIRO; GRANATO, 2012).

Em uma visão mais geral, a preservação pode ser compreendida como um grupo ainda maior cuja ação visa garantir a integridade ou perenidade de um ou mais bens culturais (PINHEIRO; GRANATO, 2012, p.23-24). No conceito de preservação estão várias atividades museológicas, tais como a documentação, a gestão, a pesquisa, a comunicação, a conservação, dentre outras. A preservação do patrimônio conduz a uma política que começa com o estabelecimento de procedimento e critérios de aquisição do patrimônio material e imaterial e seu meio, cuja continuidade é assegurada com a gestão das coisas que se tornam bens culturais e, finalmente, com sua conservação (DESVALLÉES; MAIRESSE, 2013, p-79-82). Neste artigo, bens culturais devem ser entendidos a partir da explicação de Granato, Brito e Suzuki (2005):

Os bens culturais são o produto e o testemunho das diferentes tradições e realizações intelectuais do passado e constituem, portanto, um elemento essencial da personalidade dos povos. Reconhecendo essa importância, faz-se mister transmitir da melhor maneira possível esse patrimônio cultural às gerações futuras. Nesse sentido, inserem-se os

conceitos de conservação e restauração desses bens (GRANATO; BRITO; SUZUKI, 2005, p.274).

Acrescenta ainda Cury (2001) que bens culturais são objetos móveis ou imóveis de grande importância para o patrimônio cultural de um determinado local, por serem fruto e testemunho das diferentes tradições e realizações intelectuais do passado. Desta forma, eles conferem identidade à sociedade que os possui. A identidade cultural mencionada aqui é a chave para entendermos o processo de valoração que leva à seleção e exclusão de determinados bens. Sobre a preservação dos valores afirmam Pinheiro e Granato (2012):

Entre os muitos documentos que regulam e definem a atividade de preservação, com relação aos valores, a Carta de Nara (UNESCO, 1994) nos diz que: Todos os julgamentos sobre valores atribuídos aos bens culturais, assim como a credibilidade das fontes de informação relacionadas podem diferir de cultura para cultura, e mesmo dentro da mesma cultura. Não é possível basear julgamentos de valores e autenticidade dentro de critérios fixos. Ao contrário, o respeito a todas as culturas determina que os bens culturais devam ser considerados e julgados dentro de contextos culturais aos quais eles pertencem (PINHEIRO; GRANATO, 2012, p.32).

O processo de valoração pode ser compreendido através de várias esferas da conservação, estando presente de várias formas, destacando o seu papel fundamental na tomada de decisões. Independente do tipo de bem, os produtos da cultura material têm significados e usos variados para diferentes indivíduos e comunidades, em diferentes tempos. Valores atribuídos permitem reconhecer a significância de algumas coisas e, por isso, objetos e lugares são denominados de patrimônio (AVRAMI; MANSON; TORRE, 2000, p.7) O conceito de patrimônio destaca-se no processo de valorização, segundo Gonçalves (2005):

A palavra “patrimônio” está entre as que usamos com mais frequência no cotidiano. Falamos dos patrimônios econômicos, dos patrimônios imobiliários; referimo-nos ao patrimônio econômico e financeiro de uma empresa, de um país, de uma família, de um indivíduo; usamos também a noção de patrimônios culturais, arquitetônicos, históricos, artísticos, etnográficos, ecológicos, genéticos; sem falar nos chamados patrimônios intangíveis, de recente formulação. Não parece haver limite para o processo de qualificação dessa palavra (GONÇALVES, 2005, p.17).

Patrimônio também pode ser entendido através da definição de patrimônio cultural. Quando se busca a conservação dos bens culturais, está intrínseco que se deve como ato primordial proceder ao processo de identificação dos valores relacionados ao bem.

Faz-se então necessário definir o que é patrimônio. Pinheiro e Granato (2012) apontam o que entendem por patrimônio:

O que consideramos como patrimônio cultural são aqueles bens que se destacam dos demais por um processo de significação, que se formaliza quando da escolha para que façam parte desse conjunto. O que os diferencia dos demais, na moderna concepção museológica, inclui a noção de comunicação (MUÑOZ-VINÁS, 2005), que pode traduzir-se de formas diferentes: significância, simbolismo, conotação cultural, metáfora etc. (PINHEIRO; GRANATO, 2012, p.24).

A conservação vai além da materialidade do bem cultural, ela compreende não só a dimensão material, mas principalmente, os aspectos intangíveis. Avrani, Manson e Torre destacam alguns dos aspectos intangíveis:

A criação do patrimônio cultural é em grande parte derivada da forma como as pessoas lembram, organizam, pensam sobre e desejam usar o passado e como a cultura material proporciona um meio pelo qual isso acontece. As histórias aplicadas aos objetos, construções e paisagens, por indivíduos e grupos, constituem a moeda na qual a valorização do patrimônio cultural é negociada (AVRAMI; MANSON; TORRE, 2000, p.8, tradução nossa)².

Ressaltamos que a valorização do patrimônio cultural pode ser tomada por um viés econômico, onde por vezes esse aspecto interfere no processo de negociação da preservação dos bens culturais e se superpõe aos valores culturais, em procedimento totalmente equivocado.

Podemos atribuir ao patrimônio diferentes valores, tais como econômico, político, cultural, científico, espiritual, emocional, estético, entre outros. Em alguns casos, esses valores podem remeter a uma ou mais ideias, éticas, culturas e epistemologias. É possível identificar esses valores desde os escritos de Riegl até as políticas patrimoniais definidas na carta de Burra³, onde se destacam sua categorização e ordenação.

Nesse contexto, a pesquisa a que se relaciona este artigo tem como universo principal de estudo os artefatos que fazem parte do patrimônio cultural da ciência e tecnologia (PCC&T). Granato e Santos definem o PCC&T como apresentado no trecho a seguir:

² “The creation of cultural heritage is largely derived from the way people remember, organize, think about, and wish to use the past and how material culture provides a medium through which to do this. The stories invested in objects, buildings, and landscapes, by individuals or groups, constitute a currency in which the valorizing of cultural heritage is transacted” (AVRAMI, MANSON, TORRE, 2000, p.8).

³ Carta de Burra. Disponível em:

<<http://portal.iphan.gov.br/uploads/ckfinder/arquivos/Carta%20de%20Burra%201980.pdf>>. Acesso em: 06 abr. 2016.

Mais recentemente, considera-se o conjunto tangível e intangível relacionado à C&T, a que se atribuem valores que justificam a sua preservação para as futuras gerações. Inclui o conhecimento científico e tecnológico produzido pelo homem, além dos saberes, das práticas de ensino e pesquisa, e de todos aqueles artefatos e espécimes que são testemunhos dos processos científicos, de desenvolvimento tecnológico e de ensino, considerando documentos em suporte papel (arquivísticos e bibliográficos), instrumentos científicos, máquinas, montagens, coleções científicas de natureza diversa como arqueológicas, etnográficas, biológicas, além de construções arquitetônicas produzidas com a funcionalidade de atender às necessidades desses processos e desenvolvimentos (laboratórios, observatórios, paisagens e jardins) (GRANATO; SANTOS, 2015, p.79).

São diversas as tipologias de coleções dentro do patrimônio cultural da ciência e tecnologia. Se pensarmos nesses acervos, num recorte daqueles que têm a presença de metais como constituintes, ainda sim, haverá diversidade entre os bens culturais encontrados. Neste artigo, serão considerados os bens arqueológicos e os objetos de Ciência e Tecnologia como entendidos por Granato *et al.* (2007).

A relação das ciências com o patrimônio pode ser expressa através da utilização de processos analíticos, para caracterização de materiais e práticas ligadas à confecção/fabricação dos bens culturais, além do diagnóstico do estado de conservação desses bens, bem como o estudo dos produtos que podem ser usados nos procedimentos de preservação. Nesse contexto, são muitos os campos que se relacionam com a preservação do patrimônio. Campos, Granato e Gomes escrevem sobre esta relação:

Em articulação, Química, Ciência dos Materiais e Física propiciam um conhecimento da matéria constituinte dos bens culturais que possibilita identificar agentes de deterioração e estimar velocidades de degradação, fundamentais para o conhecimento dos processos e para o desenvolvimento de metodologias de preservação para os bens. Além disso, possibilitam a identificação e constituição de produtos que podem ser utilizados na conservação do patrimônio cultural, avaliando suas interações, possíveis danos e possibilidades de remoção sem comprometimento do bem (CAMPOS; GRANATO; GOMES, 2012, p.34).

Para tal, conceitos e práticas ligados às disciplinas de química, física, engenharia, dentre outras, são aplicados nas pesquisas realizadas na conservação, através dos procedimentos necessários para melhor caracterizar e conhecer os bens culturais em estudo e os processos a serem utilizados em sua conservação. Assim, a interdisciplinaridade é aspecto fundamental para o bom desenvolvimento das pesquisas e intervenções necessárias ao desenvolvimento do campo.

A inter-relação entre as ciências e a preservação pode ser apresentada de diversas formas e em diversos graus como, por exemplo, através da aplicação de princípios científicos ao trabalho prático e intelectual da restauração, o que pode ocorrer nas análises organolépticas⁴ ou na observação de amostras através de ferramentas auxiliares simples (microscópios, lupas, etc.), ou ainda procedimentos analíticos mais complexos aplicados em laboratórios (espectroscopia, difratometria, microscopia, etc.) (MUÑOZ-VINÃS, 2014, p. 123-125). A aplicação desses procedimentos científicos se dá não só pela necessidade de uma investigação das características físicas do objeto, mas também dos materiais utilizados na restauração e sua relação com a degradação natural do objeto.

As contribuições das ciências, que começaram com a química analítica, foram incluindo, posteriormente, outros ramos como: a síntese do produto, a termodinâmica, as técnicas de documentação eletrônica, dentre outras (TAGLE, 2008, p.27). Cada vez mais projetos de investigação científica têm sido desenvolvidos, destacando sempre a interdisciplinaridade, integrando as diversas áreas do conhecimento. Essas relações interdisciplinares, reconhecidas no campo da preservação, podem ser entendidas através da existência de intercâmbio entre profissionais de diferentes campos do conhecimento, que atuam conjuntamente em prol de um fim comum.

Uma breve história do metal

Diversos materiais, desde o início da humanidade, foram usados para produzir uma grande variedade de objetos, entre os quais ferramentas, utensílios, armas, objetos decorativos, objetos científicos, etc.. O papel destes materiais foi tão importante que períodos históricos foram denominados a partir do material neles predominantemente utilizado. A substituição de um material por outro na produção de artefatos trazia sempre novas aplicações e a transição entre os diferentes períodos era progressiva, tendo ocorrido em épocas diferentes em cada região do mundo (COSTA, 2008, p. 15). A velocidade dessas mudanças também variou muito de acordo com o local onde ocorriam.

Apesar de conhecermos os períodos da história da humanidade através dos materiais predominantes, a definição entre o início e o fim do período não é algo fácil, nem de completo acordo entre os autores que estudam e discutem o tema. “Em trabalhos arqueológicos se encontram os termos Calcolítico e Neolítico que têm o mesmo sentido e

⁴ Observação direta através dos sentidos (visão, tato, olfato), sem o auxílio de equipamentos.

implicam num período de transição entre a tecnologia Neolítica e uma Era do Cobre” (TYLECOTE, 2002, p.7).

O uso de óxido vermelho de ferro em rituais e práticas funerárias é bem conhecido em uma vasta área desde os primeiros tempos. Povos do Neolítico também decoravam paredes com esse óxido (TYLECOTE, 2002, p.1). Os verdes e azuis de minerais de cobre eram usados de diversas formas no Egito e na Mesopotâmia, como mostram os remanescentes arqueológicos.

Os metais, inicialmente usados em seu estado nativo e, mais tardiamente, extraídos de minérios, apresentavam inúmeras vantagens em relação à pedra: eles podiam ser vazados na forma final, deformados e endurecidos por trabalho a frio ou amolecidos por aquecimento (COSTA, 2008, p. 15). Essas vantagens foram exploradas de diversas formas no decorrer do tempo e representaram avanços sistemáticos para facilitar as tarefas do cotidiano das pessoas.

O metal é considerado um marco significativo nas questões relacionadas à inovação tecnológica. Desde a Pré-História, a utilização de metais foi se alargando progressivamente, abrangendo ligas de metais nobres e menos nobres, assim como metais cada vez mais puros e constituindo um conjunto patrimonial de referência econômica e sociocultural (SILVA; HOMEM, 2008, p.9). Costa esclarece a seguir a diferença entre metal e liga metálica:

Um metal puro é construído por átomos de uma única espécie, que se encontram regularmente distribuídos num determinado reticulado cristalino. A introdução de átomos de elementos estranhos neste sistema altera a rede cristalina inicial, dando origem ao aparecimento de uma nova fase, diferente daquela que existia quando o metal era puro. Uma liga é assim formada, consistindo na associação dos diferentes elementos em proporções variáveis. Quando os teores dos constituintes são alterados de forma contínua, as propriedades físicas e químicas da liga variam também. Ligas metálicas se distinguem de compostos químicos, nos quais os elementos ocorrem em proporções bem definidas (COSTA, 2008, p. 16).

Durante o desenvolvimento do uso dos metais, foram descobertas as ligas metálicas, desenvolvidas para fins diversos como a obtenção de efeitos visuais e estéticos particulares e/ou novas características físicas e químicas.

No continente europeu a utilização de ligas metálicas remonta ao terceiro milênio a.C., quando o homem do Calcolítico (pertencente à Idade do Cobre) descobriu, por experiência ou coincidência, que a combinação de certos elementos metálicos - formando

ligas - melhorava as propriedades do material, ampliando consideravelmente as possibilidades de aplicação (COSTA, 2008, p. 15). As novas possibilidades abriram um leque de criações e dinâmicas. Um componente metálico podia agora ter outras características que não as encontradas nos metais individualmente.

O primeiro metal a ser utilizado pelo homem foi provavelmente o cobre, que era conhecido pelas mais antigas civilizações. Em 5000 a.C. já se realizava a fusão e o refino do cobre a partir de óxidos como a malaquita e azurita⁵. Entretanto, costuma-se denominar como Idade dos Metais o período que marca o início do domínio, rudimentar ainda, da técnica da fundição e da fabricação de instrumentos artefatos metálicos, entorno do ano de 3200 a.C. na Europa (UZEDA, 2009).

Na área em torno da Anatólia, a difusão de ideias entre as culturas em desenvolvimento da região foi bastante rápida. No Irã, uma série de sítios arqueológicos dão datas iniciais para artefatos de cobre. Entre estes está Sialk, onde a primeira fase (Sialk I, c. 4500 a.C.) produziu vários artefatos de cobre forjado puro (TYLECOTE, 2002, p.11). Ressalta-se que o uso e evolução das técnicas metalúrgicas aconteceram de formas diferentes, em tempos diferentes, em regiões diferentes. Uzeda relata que:

Os persas passaram a controlar a Anatólia até a invasão de Alexandre, o Grande, no século VIII a.C. Com a ajuda dos fenícios, os Persas realizaram diversas incursões ao continente europeu, sendo expulsos por Alexandre e seus aliados gregos. Após a morte de Alexandre, seu breve Império se fragmentou e, embora os gregos se tornassem o componente étnico e cultural dominante, a Anatólia cairia sob o poder do Império Romano. Essa mistura de povos invadidos e invasores contribuiu para profundas trocas culturais na região. As religiões pagãs adotadas por esses povos tinham como uma de suas características as oferendas de tesouros aos deuses nos templos, o que serviu como estímulo ao desenvolvimento de objetos de extremo apuro técnico e valor artístico em ouro e a prata (UZEDA, 2009).

A princípio, os metais usados foram o cobre, o estanho e o bronze⁶, metais com ponto de fusão mais baixo que os demais. No caso específico do cobre, a introdução de arsênio, estanho e chumbo, além de melhorar a fluidez durante o vazamento, produzia diretamente um material com dureza superior ao metal puro, sem necessidade de martelamento subsequente (COSTA, 2008, p. 15).

⁵ Carbonatos básicos de cobre com, respectivamente, (71,9% CuO, 19,9% CO₂, 8,2% H₂O) e (69,2% CuO, 25,6% CO₂, 5,2% H₂O). Disponíveis, respectivamente, em:

<<http://www.rc.unesp.br/museudpm/banco/carbonatos/malaquita.html>> e

<<http://www.rc.unesp.br/museudpm/banco/carbonatos/azurita.html>>. Acesso em: 28 out. 2016.

⁶ O bronze é uma liga de cobre com estanho.

Levou um longo tempo para a verdadeira Idade do bronze se iniciar, e análises mostram que antes do bronze ser usado pela primeira vez houve um longo período onde o cobre fundido era relativamente puro, ou continha uma quantidade substancial de arsênio e antimônio. O fato de estanho conferir a objetos de cobre fundido considerável força adicional no estado fundido sem a necessidade de trabalho a frio foi, sem dúvida, um grande aprimoramento. Mas a ideia provavelmente desenvolveu-se muito lentamente, e no Oriente Próximo, temos um período em que, em conjunto com o cobre, foram usados o arsênio e pequenas quantidades de estanho (TYLECOTE, 2002, p.18).

A divisão arqueológica da Idade do Bronze em início, meio e tardia é baseada principalmente em mudanças nos tipos de cerâmica que eram utilizados, em vez de composições de metal encontradas nos artefatos. Do ponto de vista metalúrgico, há pouca justificativa para essa divisão e, enquanto no início da Idade do Bronze se prevaleciam ligas diferentes do bronze, já na metade da Idade do Bronze pode-se caracterizar a verdadeira idade metalúrgica do bronze, onde, com poucas exceções, cobres puros e arsenicais deixaram de ser utilizados. O uso dos metais e suas ligas cresce gradualmente, na maioria dos países, em meados da Idade do Bronze e substancialmente pelo fim desse período (TYLECOTE, 2002, p.35).

A Mesopotâmia é considerada o berço da civilização por que foi o lugar onde se originaram a agricultura, a linguagem escrita e o próprio conceito de cidade. Os sumérios criaram uma das mais antigas civilizações, localizada entre os rios Tigre e Eufrates, na região onde se situa hoje o Iraque. Os sumérios estão entre os primeiros povos a desenvolverem a escrita, usando símbolos cuneiformes impressos com hastes de madeira sobre placas de argila mole, que depois eram cozidas, demonstrando assim avanços tecnológicos. Sobre esse período, Tylecote afirma que:

Foi somente depois de 3500 a.C. que as cidades-estados Sumérias do baixo Eufrates e Tigre foram estabelecidas. Eles fizeram uso do cobre das terras altas do norte e do leste, desde que a região do delta aluvial era desprovida de minerais e combustível. As necessidades dessas cidades poderiam ter encorajado os montanhesees a procurar minerais para satisfazer esta demanda e, ao mesmo tempo, aumentar o uso local de cobre. A disseminação da técnica deve ter sido bastante rápida, uma vez que encontramos um grande número de lugares a alguma distância da Mesopotâmia mostrando evidência de uso de metal (TYLECOTE, 2002, p.8-9, tradução nossa).

Os primeiros objetos de bronzes parecem ser os produzidos na Mesopotâmia, ou seja, no início das Cidades Estados, que dependiam dos depósitos do planalto da Anatólia e

persa para obtenção do cobre, e provavelmente, da prática do comércio para o fornecimento de estanho. A primeira aparição de bronze parece ser entre 3000-2500 a.C. (TYLECOTE, 2002, p.25). Antes disso, os artefatos metálicos eram produzidos em cobre puro ou em mistura com o arsênio (TYLECOTE, 2002, p.25).

A atenção dada às ligas de cobre é, naturalmente, justificada pela sua posição na economia antiga. Mas a julgar pelas exposições em museus teria se pensado que o ouro e a prata foram de igual importância ao bronze. Naturalmente, estes metais foram usados para fins artísticos e, por causa da sua resistência à corrosão, têm excelentes propriedades que ampliam seu tempo de existência. Assim, o ouro pode ser usado mais de uma vez, de modo que a maior parte dos artefatos em ouro que se vê em museus provavelmente resulta de seguidas reutilizações do metal (TYLECOTE, 2002, p.44).

“Evidências arqueológicas revelam uma utilização milenar da prata. Terá sido descoberta após o ouro e o cobre há cerca de 5000 anos. O ouro, ocorrendo majoritariamente na sua forma metálica, terá sido naturalmente o primeiro a ser identificado e reconhecido pela cor. O cobre, apesar de oxidado, terá sido igualmente notado e usado. A prata, no entanto, não seria tão facilmente reconhecida pelo homem pré-histórico uma vez que, embora possa ser encontrada na sua forma metálica, ocorre normalmente associada a outros metais, na forma de minério” (HOMEM, 2013, p.9).

Homem (2013) indica que, em minas da Hispania, existem “evidências arqueológicas da exploração mineira do cobre, estanho, ouro e prata (...) desde o 3º milênio a.C., mas sem grande intensidade. Esta, só aumentou significativamente por volta do séc. VIII a.C. A partir desta altura, os textos clássicos gregos e latinos fazem referências à existência do reino de Tartessos no sudoeste da Península Ibérica, de limites imprecisos e bastante rico em cobre, estanho e prata” (HOMEM, 2013, p.11).

Com o avanço da metalurgia, graças à utilização de forjas e foles, os antigos povos conseguiriam chegar ao ferro, metal que exige técnicas mais aprimoradas e temperaturas muito mais elevadas para fusão. Com o tempo e o avanço nas técnicas, outras ligas metálicas surgiram. Sobre esse período, Costa relata:

A seguir foi a vez do ferro, usado inicialmente proveniente de meteoritos e mais tarde, a partir de minerais que eram certamente refinados à alta temperatura em presença de carvão. Tal processo provoca a difusão do carbono na superfície do ferro, formando uma liga, o aço, substancialmente mais dura que o bronze. Além disso, devido à abundância de ferro na crosta terrestre e facilidade de mineração, o aço foi progressivamente substituindo o bronze em muitas aplicações. Curiosamente, apesar do avanço tecnológico alcançado com a produção

de aço (altas temperaturas, fornos adequados, propriedades variadas), somente no século XVIII o papel central desempenhado pelo carbono como elemento de liga foi claramente compreendido (COSTA, 2008, p. 15-16).

Devido à sua raridade, o ferro foi usado primeiramente em pequenos artigos de joalheria. Para além disto, o seu uso precoce parece ter sido para lâminas de punhal. Parece que a produção de ferro pelo homem no segundo milênio a.C. era pequena e intermitente, aumentando gradualmente até ser usado em larga escala nas armas em cerca de 1200-1000 a.C. (TYLECOTE, 2002, p.47). O lento desenvolvimento do uso do ferro foi repetido em outros lugares no mundo, caracterizando a Idade do Ferro e, por um longo tempo, o bronze continuou a servir para muitas das aplicações em metais.

Destaca-se aqui a “Idade do Ferro Romano”. Segundo Tylecote (2002), a principal contribuição do Império Romano na metalurgia não foi a invenção ou descoberta de nenhum novo metal ou uso, mas sim, a organização de diversos conhecimentos de culturas diferentes dominadas pelo império Romano (TYLECOTE, 2002, p.62). O Império Romano possibilitou a ampla divulgação das melhores técnicas existentes em qualquer lugar do mundo romanizado. Esta divulgação não era limitada à área romana, e afetou as tribos da Idade do Ferro que viviam na sua periferia. Houve um enorme aumento na escala da indústria metalúrgica com as necessidades militares e civis da civilização romana e com a demanda considerável de ferro e metais não-ferrosos.

Facas e outras ferramentas eram muitas vezes decoradas com incrustações de metal não-ferroso. Quanto aos metais não-ferrosos, a liga mais comum foi o bronze, sendo bastante difundido o uso de sucata de origem romana. É apenas no final da Idade do ferro romana que o latão (*brass church*) foi introduzido (TYLECOTE, 2002, p.75).

O início da Idade do Ferro viu a introdução de moedas. As primeiras moedas de ouro vieram de Lydia c.550 a.C., mas moedas de prata gregas primitivas estavam sendo produzidas a partir de bronzes de Laurion, um pouco mais cedo, em cerca de 580 a.C., em Corinto e em Egina. Talvez a cunhagem em ouro mais conhecida seja a de Filipe da Macedônia (350 a.C.), que foi amplamente copiada em uma forma degradada do projeto original e foi usada em moedas de ouro em locais tão distantes quanto a Grã-Bretanha (TYLECOTE, 2002, p.58).

“Em 211 a.C., Roma adotou e integrou formalmente o denário de prata (cerca de 4,5g de prata pura) no seu sistema monetário (...), o que elevou a sua importância política (...) e aguçou a sua sede pelo metal”, estimulando as guerras pela sua posse. Foi a conquista

de Nova Cartago (atual Cartagena), no sudeste da península hispânica, em 209 a.C., que permitiu que viessem a controlar a zona mineira de Serra Morena e que explorassem intensamente as jazidas de galena argentífera⁷ (HOMEM, 2013, p.11).

Mas é com o Império Romano, nos séc. I e II, que se dá o apogeu da exploração mineira em toda a península. A necessidade de ouro e prata para pagar às legiões e cobrir o déficit comercial crônico, que se agravou no séc. II, fez com que se intensificasse ainda mais a procura de metais (HOMEM, 2013, p.11).

São diversos os achados arqueológicos que ajudam a corroborar com a compreensão das atividades sociais dos povos. Homem (2013) afirma sobre os avanços relacionados ao metal deste período:

Apesar de, no período subsequente, ter ocorrido um incremento do número de minas e um desenvolvimento considerável do ponto de vista da produção e da tecnologia, nada se compara à importância da descoberta do Novo Mundo, em 1492, pelos espanhóis. Entre 1500 e 1800, a produção mineira da Bolívia, do Peru e do México eclipsou tudo o resto e passou a ser responsável por mais de 85% da produção e comércio mundiais. Só mais tarde, nos finais do séc. XIX, é que outros países começaram a contribuir de forma mais significativa, nomeadamente os Estados Unidos da América, com a descoberta do filão de Comstock no Nevada e a Austrália. A exploração de novas regiões do globo, como o Canadá, África e Japão, acompanhada de importantes inovações tecnológicas, conduziu a um grande incremento da produção mundial, tendo-se registado um aumento de 50% apenas em vinte anos, de 1900 a 1920, e uma produção anual de 190 milhões de onças troy⁸ (*Silver production* em HOMEM, 2013, p.12).

O período datado de cerca de 1500 lançou as bases para a Revolução Industrial, que começou na Europa Ocidental, com o uso de carvão para processos metalúrgicos, em cerca de 1700 na Inglaterra (TYLECOTE, 2002, p.95).

O estudo da tecnologia para uso dos metais

O século XVII foi importante para inovações na ciência. O microscópio composto tinha sido inventado por Jansen em cerca de 1600, e a Sociedade Real de Carlos II da Inglaterra foi fundada em 1662, e os franceses fundaram a *Académie des Sciences* em 1666. Astrónomos, como Galileu (1564-1642), e matemáticos, como Napier (1550-1617), Descartes (1596-1650) e Pascal (1623-1662), tinham feito grandes contribuições para o conhecimento mas as propriedades dos materiais com os quais trabalhavam não eram

⁷ Minério de chumbo contendo prata.

⁸ Unidade de medida de massa para metais preciosos, com origem na Idade Média em Troyes, França. A onça troy é a única medida do sistema de ponderação troy que ainda hoje é usada na fixação de preços de metais como ouro, platina e prata. Uma onça troy equivale a 31,1034768 g (32,1507 onças troy = 1kg) (ROBERTSON, em HOMEM, 2013, p.12).

bem conhecidas (TYLECOTE, 2002, p.177). Mesmo os principais metalúrgicos de qualquer país - os denominados “*masters of the Mint*” -, eram aparentemente menos interessados nas propriedades físicas dos metais e de onde eles poderiam ser obtidos, restringindo sua atenção para o lucro que poderia ser feito para seus clientes.

Um dos primeiros a registrar observações sobre as propriedades dos metais foi Lousse, um francês que publicou um livro sobre a arte de serralharia em 1627 (TYLECOTE, 2002, p.177) e parece ter sido o primeiro a associar o cheiro de enxofre com a utilização de temperaturas mais baixas para o forjamento do ferro e dá a primeira descrição do tratamento de cementação de artefatos de ferro, onde pequenos pedaços desse metal eram intercalados com camadas de carvão vegetal em um cadinho (TYLECOTE, 2002, p.177).

Outra contribuição para o melhor conhecimento das propriedades dos metais foi desenvolvida por Henry Power, em 1664, que, com o auxílio do microscópio, notou que as superfícies polidas de metais estavam cheias de fissuras, cavidades, asperezas e irregularidades, que não eram observáveis a olho nu. Todos esses defeitos interferem na qualidade do artefato de metal produzido.

Reaumur, em 1722, parece ter sido o primeiro a discutir as propriedades de metais ferrosos em termos de estrutura de grãos. Ele foi o primeiro a utilizar os testes de dureza para metais ferrosos, visando avaliar sua qualidade (TYLECOTE, 2002, p.177). A contribuição dos cientistas franceses no século XVIII foi notável. Na sequência dos trabalhos de Jousse e Reaumur, temos a *Encyclopédie des Arts et des Métiers* editada por Diderot e D'Alembert, para a qual quase todos os cientistas da época parecem ter feito uma contribuição (TYLECOTE, 2002, p.178). Logo depois, Van Musschenbroek, da Holanda, desenvolveu melhores máquinas de testes mecânicos para metais.

Em 1734, foi publicado a *Opera Philosophica et Mineralia*, conhecido como Tratado de Swedenborg sobre cobre e ferro. Reúne em dois volumes conhecimentos técnicos de metalurgia do período de 1690-1730 (TYLECOTE, 2002, p.178). Ainda segundo Tylecote:

Um dos primeiros a começar a lançar luz sobre a diferença entre o ferro e o aço foi Torbern Bergman. Um químico sueco (1735-1784), que foi contemporâneo do químico Antoine Lavoisier. Suas principais contribuições para a metalurgia são encontradas em sua *Dissertatio*

Chemica de Analyti Ferri, escrita em 1781 (TYLECOTE, 2002, p.178, tradução nossa).⁹

Apesar dos tempos inquietantes na França em 1789 e anos seguintes, registra-se que os desenvolvimentos do conhecimento sobre os metais e sobre sua produção industrial foram muito grandes, desde o tempo de Reaumur (1722). Sem dúvida, para tal, contribuíram as informações e técnicas apreendidas pelos franceses na Grã-Bretanha, em meados do século XVIII, com o envio de vários observadores, como Jars e Houliere, para estudar os métodos britânicos. A mesma iniciativa foi seguida pelos suecos, mas sem resultados positivos, pois as metodologias utilizadas na Suécia eram muito diversas daquelas da Grã-Bretanha. O interesse dos franceses na nova indústria é claramente evidenciado na enciclopédia de Diderot, um registro muito detalhado da indústria francesa e artesanato em meados do século (TYLECOTE, 2002, p.179).

Não é fácil definir o início da Revolução Industrial, alguns o definem pela transferência de pelo menos 50% dos meios de produção de qualquer item da casa para a fábrica, e para muitos, isso ocorreu primeiro na Grã-Bretanha em cerca de 1750 (TYLECOTE, 2002, p.122). No caso do ferro, não há nenhuma dificuldade, a Revolução Industrial começa na Grã-Bretanha, com a transição do carvão vegetal para coque como principal combustível. Esta transição liberou a fabricação do ferro do uso do carvão vegetal, que era escasso na época.

A segunda parte do século XIX foi notável para as contribuições na produção em larga escala do que ainda é hoje considerada a liga metálica mais importante do mundo - o aço-carbono. O processo de sua produção não imediatamente substituiu o aço produzido em cadinhos, que era a principal fonte de material metálico para ferramentas e armamentos (TYLECOTE, 2002, p.164).

A grande conquista do final do século XIX foi a descoberta de dois dos metais leves que compõem uma grande proporção da crosta terrestre, alumínio e magnésio. A substância conhecida como alume (sulfato de alumínio e potássio impuro) tinha sido por muito tempo um dos mais importantes produtos químicos, em função de seu uso em tinturaria (TYLECOTE, 2002, p.169).

⁹ One of the first to begin to shed light on the difference between iron and steel was Torbern Bergman clarificar. A Swedish chemist (1735-1784) who was for most of his life a contemporary of the chemist Antoine Lavoisier. His main contributions to metallurgy are to be found in his *Dissertatio Chemica de Analyti Ferri*, written in 1781 (TYLECOTE, 2002, p.178).

O físico do século XIX tendia a pensar em termos de "moléculas" e ignorar completamente o arranjo espacial de átomos e moléculas, isto é, a estrutura no espaço e a rede cristalina resultante (TYLECOTE, 2002, p.180). Para esclarecimento deste aspecto, sobressaem os esforços dos metalógrafos, como Sorby, de Sheffield, descendente de uma longa linhagem de mestres metalúrgicos. Em 1849, aplicou técnicas microscópicas para observação de superfícies polidas de rochas. Depois de uma visita à Alemanha, passou ao estudo de ligas artificiais. Em 1863, afirma ter descoberto um exemplo da estrutura Widmanstätten¹⁰, em algum ferro sueco. Seus espécimes de aço polido e gravado foram exibidos em várias reuniões, mas não parecem ter despertado muito interesse entre os industriais (TYLECOTE, 2002, p.180).

Apesar da vantagem dada pelo ferro e sua relação com o endurecimento do aço, a ideia não foi universalmente aceita. Em 1912, uma nova ferramenta se tornou disponível, a difração de raios-X, ampliando os limites da ciência metalúrgica. As propriedades dos limites de grão, o efeito das impurezas, os resultados da difusão no estado sólido e os efeitos da deformação mecânica na estrutura cristalina, foram investigados pela primeira vez (TYLECOTE, 2002, p.181).

Após a interrupção provocada pela I Grande Guerra Mundial (1914-18), a pesquisa e o desenvolvimento relacionados aos metais continuaram em muitos países. Poucas descobertas de novas ligas foram feitas durante este período. Por outro lado, houve a melhoria constante dos principais tipos de aço, através da utilização de elementos de liga, tais como o cobalto, titânio, molibdênio, nióbio e alumínio (TYLECOTE, 2002, p.168). Na verdade, ocorre também a substituição completa do ferro pelo níquel em alta temperatura, e a melhoria das ligas de níquel-cromo não-ferrosas, que tinham sido utilizadas para aquecimento dos elementos desde o início do século XX.

As ligas metálicas, comuns nos objetos modernos, apresentam a evolução das técnicas metalúrgicas. Costa relata sobre as novas técnicas:

O avanço tecnológico responsável pela elaboração da ampla gama de ligas metálicas atuais teve sua origem há pelo menos quase cinco mil anos, quando a maior parte dos efeitos produzidos pela introdução de elementos de liga - aumento da resistência, diminuição do ponto de

¹⁰ A estrutura de Widmanstätten resulta da precipitação de uma nova fase sólida dentro dos grãos de fase sólida existente em uma temperatura elevada decompondo-se em duas fases sólidas em uma temperatura inferior. Esta precipitação normalmente ocorre nas fronteiras do grão dos cristais iniciais e como placas ou agulhas dentro dos próprios grãos, eles têm uma orientação particular, dependendo da estrutura cristalográfica dos cristais originais. A estrutura de Widmanstätten também ocorre em aços antigos como um resultado de um processo de trabalho ou deliberados tratamentos térmicos usados durante a manufatura (SCOTT, 1991, p.20).

fusão, endurecimento por trabalho a frio, amolecimento por aquecimento, reatividades químicas diferenciais - já eram conhecidas, como o atestam objetos encontrados em Ur (2600 a. C.) (COSTA, 2008, p. 16).

Os diversos significados e usos atribuídos aos objetos metálicos documentam recursos, maestrias profissionais, modas e requintes, permitindo visualizar o modo de vida das elites e dos cidadãos comuns. Portanto, o estudo e preservação dos artefatos metálicos antigos constitui fonte importante de informações para melhor conhecer o passado. As alterações por que passam os metais e suas ligas com o tempo é um tema que possui significado especial quando relacionado com a preservação do patrimônio cultural metálico, quer integrado em museus ou quaisquer outras instituições culturais públicas ou privadas; quer em coleções particulares, tenha ou não sido sujeito a um ambiente arqueológico (SILVA; HOMEM, 2008, p.9).

As relações entre a ciência, a tecnologia e o patrimônio são diversas e plenas de diferentes entendimentos. Segundo Granato e Câmara:

Ciência é o conjunto de conhecimentos e de investigações com um suficiente grau de generalidade para resultar em convenções concordantes e relações objetivas baseadas em fatos comprováveis. Tecnologia é o “estudo dos processos técnicos, naquilo que eles têm de geral e nas suas relações com o desenvolvimento da civilização [...] em resumo, podemos depreender que a ciência está muito relacionada ao mundo das ideias e conceitos; enquanto a tecnologia relaciona-se à prática, à solução de problemas práticos. [...] consideramos patrimônio cultural aquele conjunto de produções materiais e imateriais do ser humano e seus contextos sociais e naturais que constituem objeto de interesse a ser preservado para as futuras gerações (GRANATO; CÂMARA, 2008, p. 172-174).

Neste artigo a interdisciplinaridade da ciência com os estudos sobre o patrimônio científico metálico será apresentada a seguir.

Procedimentos analíticos aplicados a acervos científicos com a presença de metais

Os procedimentos analíticos aplicados ao patrimônio são parte das ferramentas de análise mais precisas no campo da preservação. Rosado (2008) em “*História da Arte Técnica e Arqueometria: uma contribuição no processo de autenticação de obras de arte*” menciona que a arqueometria é a união da ciência e do patrimônio, de forma que as duas atuam simultaneamente em favor do estudo no campo da preservação de bens culturais. Visando o escopo deste artigo trataremos a arqueometria como um sinônimo aos procedimentos analíticos aplicados ao patrimônio metálico científico, uma vez que as

coleções arqueológicas estão inseridas no contexto do patrimônio científico e cultural da ciência e tecnologia. Jixiang (2008) fala sobre a introdução da ciência e da tecnologia a preservação do patrimônio cultural:

Hoje, um consenso foi alcançado que a ciência e a tecnologia são um pré-requisito para a proteção do patrimônio cultural sustentável. Sua aplicação extensiva tem feito esse tipo de trabalho mais abrangente, sistemático e eficaz, bem como a integração orgânica da tecnologia moderna com as técnicas tradicionais é a própria essência da proteção científica do patrimônio cultural. [...] Em países onde o patrimônio cultural recebe o maior cuidado, as novas tecnologias têm feito sentir a sua presença fortemente em uma infinidade de maneiras (JIXIANG, 2008, p. 50, tradução nossa)¹¹.

Campos (2009) ressalta que “por meio de um estudo interdisciplinar, da junção de variados conhecimentos científicos, é possível adquirir dados históricos e técnicos de objetos arqueológicos, podendo realizar uma interpretação mais completa” (CAMPOS, 2009, p.82). Estes estudos são feitos através de técnicas analíticas destrutivas ou não destrutivas. O objetivo é, a partir da análise dos elementos químicos que constituem os materiais utilizados, localizar no tempo sua criação, detectar possíveis retoques e intervenções restaurativas feitas anteriormente, identificar técnicas e manufaturas, em alguns casos detectar falsificações, e nos acervos científicos estabelecer quais foram os materiais utilizados na confecção do bem cultural.

Mohen (1999) destaca os principais papéis das análises científicas na preservação do patrimônio. As análises químicas são determinantes na identificação do patrimônio, na determinação da autenticidade, no estudo da técnica de fabricação do objeto e na pesquisa da origem do material. O autor ainda destaca que essas técnicas são por vezes necessárias como parte do processo de restauração e permitem reconhecer os problemas de alteração dos materiais, assim como problemas ligados à conservação preventiva (MOHEN, 1999, p.106). Campos e Granato contribuem um pouco mais sobre o assunto:

Identificar nos artefatos possíveis regiões de interesse e formular questões que determinarão se será necessária a realização de análises físico-químicas. O exame visual auxilia na escolha das técnicas analíticas indicadas para caracterização do metal de base ou do produto de corrosão, para contribuir nos procedimentos adequados de conservação de cada artefato (CAMPOS; GRANATO, 2015, p.7).

¹¹ "Today, a consensus has been reached that science and technology are a prerequisite for sustainable cultural heritage protection. Their extensive application has made such work more comprehensive, systematic and effective, and the organic integration of modern technology with traditional techniques is the very essence of the scientific protection of cultural heritage. [...] In countries where cultural heritage receives the greatest care, new technologies have made their presence strongly felt in a myriad of ways" (JIXIANG. 2008 p. 50).

Em geral, destacamos que as análises servem para a pesquisa física e química de materiais, o que auxilia no processo de preservação e aumenta o conhecimento sobre os processos de degradação; o estudo da história das técnicas, incluindo o processo de fabricação e origem do material que compõe o bem cultural, que auxilia na datação e autenticação; o desenvolvimento de novas análises ou exames, agora voltados para o patrimônio; a conservação preventiva; e principalmente para a difusão do conhecimento.

Campos e Granato (2015) ressaltam que conhecendo os processos que causam a degradação, o pesquisador estuda a influência dos tratamentos e a sobrevivência do objeto, além das interações com o ambiente. É, portanto, através dos procedimentos analíticos, que os conservadores podem coletar informações a respeito do material, que colaboram para o diagnóstico do estado de conservação do artefato e permitem identificar a metodologia mais adequada para sua conservação (CAMPOS; GRANATO, 2015, p.278). Os mesmos autores ressaltam ainda que:

Por meio dos resultados obtidos no emprego de técnicas microanalíticas podem ser estabelecidas as possíveis rotas comerciais e interações entre os grupos sociais, identificados os materiais empregados para a confecção do objeto, as técnicas de elaboração, tanto do material quanto das peças, a datação relativa e a procedência (WAYMAN, 1985). A Arqueologia enfatiza a história desses objetos, enquanto a Metalurgia estuda os materiais e suas características, como a microestrutura e os constituintes metálicos, identificando se o material foi fundido ou não, e como as ligas foram produzidas (CLEERE, 1993) (CAMPOS; GRANATO, 2015, p.278).

No que tange à aplicação dos procedimentos analíticos, Barrio e colaboradores (2007) afirmam que “a arqueometria pode oferecer uma garantia para a complementaridade dos tratamentos tradicionais e dos inovadores, determinando a eficácia para a estabilização de metais arqueológicos, objetivo final do processo de restauração” (BARRIO *et al.*, 2007, p. 581, tradução nossa)¹².

Segundo Boutaine (2000), para entender como o patrimônio cultural foi elaborado, é necessário conhecer os mecanismos das alterações por que passou, estimar sua importância, assim como definir uma estratégia de restauração e conservação. Para tal, é necessário utilizar um conjunto de métodos de exame e análise dessas obras e dos materiais que as compõem (BOUTAINE, 2000, sem paginação). Esses métodos devem ser de preferência sem contato direto com o objeto e não destrutivos.

¹² *la Arqueometría puede ofrecer una garantía a la complementariedad de los tratamientos tradicionales con los innovadores, determinando la eficacia para la estabilización del metal arqueológico, objetivo último del proceso de intervención restauradora* (BARRIO *et al.*, 2007, p. 581).

Além de conhecer os bens culturais, é necessário conhecer também os materiais que são utilizados durante as intervenções restaurativas. Os processos analíticos também podem ser aplicados em protetores, consolidadores e adesivos utilizados para a integração de muitas das peças de metal (BARRIO *et al.*, 2007, p. 581). A pesquisa de longevidade dos produtos utilizados na preservação é, portanto, outra possibilidade de uso dos procedimentos analíticos aqui estudados. Os procedimentos analíticos ajudam a encontrar e avaliar materiais e técnicas adequados durante uma intervenção, assim como ponderar o grau de intervenção em um tratamento particular.

Outro dos objetivos dos procedimentos analíticos no campo da preservação é detectar e analisar a deterioração dos objetos, identificando os problemas, as causas e os mecanismos responsáveis pela deterioração (BARRIO *et al.*, 2007, p. 582).

“De um modo geral, é possível fazer uma classificação simplificada em técnicas de análise elementar e técnicas para a análise molecular¹³, em métodos destrutivos e métodos não destrutivos” (ZANIRATO; CAVICCHIOLI, 2013, p.6). A característica não destrutiva é a mais marcante dentre as análises quando usadas para fins de preservação do patrimônio, a necessidade de retirada de uma amostra, pode significar uma intervenção séria no objeto. Outras características como o custo, a viabilidade da execução, o tempo de resposta da análise, entre outras, também precisam ser consideradas quando se pretende utilizar um processo analítico. São diversas as técnicas analíticas que podem ser utilizadas na preservação de patrimônio científico metálico, cada uma apresenta uma especificidade e limitações. Campos e Granato discutem as técnicas mais utilizadas em metais:

Essas técnicas podem ser destrutivas e não-destrutivas, ambas tem vantagens e desvantagens, e a escolha deve ser realizada de acordo com as perguntas a serem respondidas e das possibilidades da retirada ou não de amostra do artefato (CAMPOS, 2009). As técnicas comumente utilizadas para análises de objetos arqueológicos metálicos

¹³ Zanirato e Cavicchioli (2013) descrevem a diferença entre elementar e molecular mencionados anteriormente. “Na análise elementar, identificam-se quais espécies atômicas se encontram no material e em qual quantidade. Isso é particularmente importante no reconhecimento de componentes inorgânicos em matrizes oriundas do mundo mineral (como no caso das cerâmicas, materiais de alvenaria e metais) ou em materiais de tipo orgânico, onde esses componentes atuam como complementos ou aditivos, valendo aqui citar o exemplo dos aditivos usados no papel ou nos polímeros, os pigmentos das tintas, os produtos empregados na taxidermia. Existe, a esse respeito, uma linha de trabalho que utiliza a composição elementar minoritária acoplada à análise estatística multivariada para rastrear a origem natural de um material, numa abordagem que se assemelha à das ciências forenses. Já a análise molecular é voltada para quantificação de moléculas e, embora possa ser empregada tanto para materiais orgânicos como inorgânicos, a tendência é que seja mais proveitosa para a primeira utilidade. É frequente ter que fazer o reconhecimento de polímeros naturais (p. ex. proteínas) ou sintéticos, em tintas, vernizes, aglutinantes, tecidos ou extratos de origem animal ou vegetal (HOWELL, 2002)” (ZANIRATO; CAVICCHIOLI, 2013, p.6-7).

são: microscopia ótica e eletrônica de varredura, espectrometria de dispersão de energia de Raios-X - EDS, fluorescência de Raios-X, difração de Raios-X, radiografia, tomografia e microtomografia computadorizada 3D (CILIBERTO, 2000) (CAMPOS; GRANATO, 2015, p.279).

Nem sempre as perguntas que precisam de respostas podem ser solucionadas com apenas uma técnica, sendo às vezes necessário utilizar-se de mais de um tipo de análise. Campos corrobora para essa afirmação, como ressaltado no trecho a seguir:

A combinação de vários instrumentos científicos é fundamental para o estudo de caracterização de materiais arqueológicos. Diferentes técnicas analíticas podem ser empregadas para responder apenas um problema particular. As técnicas aplicadas à arqueometalurgia podem ser destrutivas e não-destrutivas. Ambas possuem vantagens. A escolha deve estar de acordo com as possibilidades da retirada ou não de uma amostra do artefato. Essas técnicas possibilitam a medição de concentrações de elementos das amostras, identificando, comparando e estabelecendo similaridades e diferenças. [...] Além de poderem estabelecer as rotas comerciais e interações entre os grupos sociais (CAMPOS, 2009, p.80).

Campos e Granato ressaltam ainda que se deve primeiro sempre utilizar as técnicas mais próximas ao conservador para daí partir para técnicas mais complexas:

De toda a forma, é muito importante que a pesquisa se inicie com metodologias mais simples, especialmente a observação com lupa estereoscópica e um microscópio ótico, no sentido de identificar quais são as condições gerais dos artefatos e formular as questões que determinarão se o estudo exigirá ou não o uso das metodologias mais elaboradas e caras (CAMPOS; GRANATO, 2015, p.280-281).

É de extrema importância conhecer os objetivos dos processos analíticos de forma clara, para que os resultados alcançados sejam satisfatórios. Barrio e colaboradores acrescentam, sobre a aplicação das análises sobre materiais metálicos, que:

devemos dizer que este processo conservativo por sua aplicação direta na matéria física dos objetos metálicos e por sua incidência direta no futuro das peças, oferece o desenvolvimento metodológico com uma maior amplitude; nenhuma das variáveis pode escapar ao interesse da conservação, pois qualquer possibilidade de estudo sempre dependerá se o objeto metálico está em condições aceitáveis para ser manejado e analisado. A metodologia deve implicar no uso das ferramentas e técnicas adequadas para a análise de diversos aspectos que desejamos

conhecer no objeto metálico, antes, durante e depois da restauração (BARRIO *et al.*, 2007, p.579-580, tradução nossa)¹⁴.

Ressalta-se que um dos fatores determinantes para a escolha dos procedimentos não destrutivos e destrutivos é o estado de conservação do objeto. Por exemplo, algumas análises precisam de quantidades mínimas de amostras, que podem ser retiradas de partes do objeto que já se encontram em degradação. Por outro lado, algumas técnicas precisam que o objeto seja manuseado, ou colocado dentro de câmaras, o que se o objeto estiver em um estado de degradação avançado não poderá ser feito. Zanirato e Cavicchioli apontam algumas considerações na diferença entre as técnicas destrutivas e não destrutivas:

A distinção em técnicas destrutivas e não destrutivas é extremamente pertinente nesse âmbito. No entanto, cabe fazer algumas distinções. As técnicas podem ser destrutivas seja no sentido de implicarem na remoção de amostra do artefato, seja pelo fato da análise em si provocar a destruição do material. A espectroscopia Raman, por exemplo, é considerada uma técnica não destrutiva, desde que realizada aplicando uma potência compatível com o material analisado. Entretanto, é praticamente impossível levar objetos de grandes dimensões (uma parede, uma grande tela, uma escultura) a um laboratório e encaixá-la dentro da aparelhagem, de modo que, nesses casos, pode ser necessário ter que retirar uma amostra – operação que geralmente é feita numa escala microscópica e em áreas pouco aparentes. Hoje em dia, para contornar esse inconveniente, há aparelhos portáteis para análise não destrutiva dotados de sondas extensíveis, que estão ganhando espaço entre especialistas da área (ZANIRATO; CAVICCHIOLI, 2013, p.7).

Algumas técnicas são aplicáveis em amostras que serão eliminadas, outras em objetos pequenos em câmaras a vácuo seladas, outras podem ser aplicadas no meio ambiente, dependendo das dimensões do equipamento ou do objeto (BARRIO *et al.*, 2007, p. 580). Alguns dos equipamentos possuem uma versão portátil, outros só podem ser utilizados em laboratórios físicos. Existe uma diversidade de equipamentos, cada uma possui sua especificação e sua função.

A caracterização microestrutural de um material está intimamente relacionada com as propriedades físico-químicas do mesmo. Os bens culturais metálicos são

¹⁴ “Pero hemos de decir que esta perspectiva conservativa por su implicación directa en la materia física de los objetos metálicos y por su incidencia directa en el futuro de estas piezas, aglutina el desarrollo metodológico con una mayor amplitud; ninguna de las variables puede escapar al interés de la conservación, puesto que cualquier posibilidad de estudio siempre dependerá de que el objeto metálico esté en condiciones aceptables para ser manejado e investigado. La metodología debe implicar el uso de las herramientas y técnicas adecuadas para el análisis de los diversos aspectos que deseamos conocer en el objeto metálico, ante, durante o después de su restauración” (BARRIO *et al.*, 2007, p.579-580)

predominantemente cristalinos e na caracterização da microestrutura interessa determinar fases presentes, contornos de grãos e defeitos cristalinos (MORA, 2010, p.93). Mora escreve sobre o que se espera, no que tange aos resultados dos processos analíticos aplicados a metais:

Uma caracterização microestrutural desejável envolve a determinação da estrutura cristalina, composição química, quantidade, tamanho, forma e distribuição das fases. A determinação da natureza, quantidade (densidade) e distribuição dos defeitos cristalinos também é, em muitos casos, necessária. Além disso, a orientação preferencial das fases (textura e microtextura) e a diferença de orientação entre elas também tem estreita relação com o comportamento dos materiais. As espécies presentes na microestrutura apresentam características bastante diferenciadas e exigem um número relativamente grande de técnicas complementares para a sua caracterização (MORA, 2010, p.93).

A determinação da estrutura cristalina normalmente envolve a utilização de técnicas de difração. A composição química das fases e microrregiões pode ser estudada, por exemplo, através de análises de raios-X por comprimentos de onda ou por dispersão de energia. A quantidade, tamanho, morfologia e distribuição das fases e defeitos cristalinos são estudados com auxílio das microscopias óptica (MO), eletrônica de varredura (MEV) e eletrônica de transmissão (MET) (MORA, 2010, p.93).

Tendo em mente todas as questões citadas iniciámos a pesquisa de dissertação, ainda em desenvolvimento, que levou a este artigo. Foi realizada a organização de uma tabela com os procedimentos mais usados nos metais. Iremos apresentar neste artigo apenas a estrutura usada. Nesta tabela foram analisados os itens demonstrados e explicados a seguir:

- O nome da técnica analisada: uma vez que a maior parte da biografia estudada foi em língua estrangeira tornou-se necessário manter o nome das análises tanto em português quanto em inglês. O leitor pode se aproveitar deste mecanismo para efetuar outras pesquisas sobre o tema. As análises foram então divididas em destrutivas e não destrutivas, quando destrutivas foram indicadas questões relativas ao tamanho ou quantidade de amostra necessária para efetuar o processo.
- Os materiais que as técnicas analisam: Quando possível foi indicado quais outros materiais, além do metal, a análise pode ser aplicada.
- A descrição da técnica: Outro item importante é o da descrição de como funciona cada técnica, possibilitando assim formar uma melhor compreensão de como o processo interage com o patrimônio.

- Os resultados possíveis: Seguem a descrição, os possíveis resultados e repostas que podem ser alcançados com a aplicação dessas análises, assim como as limitações mais comuns de cada técnica.
- O tempo necessário: O tempo entre a preparação o objeto e o resultado das análises foi indicado para que se possa ter uma noção mais completa da técnica.
- Onde é possível encontrar estes equipamentos no Brasil: Por fim quando disponível foi acrescentado uma listagem de locais no Brasil que efetuam estes procedimentos e o valor aproximado que custam.

Conclusões

Ressalto que esses procedimentos oriundos das ciências exatas e biológicas podem ajudar a compreender e resolver questões, mas não deveriam estabelecer certezas ou verdades absolutas. Cada bem cultural é constituído por um ou mais materiais, tendo sido criado com técnicas particulares e se situam em um determinado lugar, exposto a fatores de deterioração em maior ou menor intensidade, mesmo que dentro de reservas técnicas.

O estado de desenvolvimento atual, e em particular o avanço das tecnologias de informática, das últimas décadas, oferece instrumentos que permitem processar uma imensa quantidade de dados, imprescindíveis para integração das áreas do saber que contribuem para a preservação do patrimônio cultural. É necessário utilizar estes meios para alcançar um enfoque integral para as estratégias presentes e futuras na conservação e valorização dos bens do patrimônio cultural (TAGLE, 2008, p.28).

Em todo o processo interdisciplinar com cerne na preservação do patrimônio, um dos principais obstáculos tem sido a pouca comunicação efetiva entre cientistas e profissionais encarregados de tarefas de conservação e restauração. Apesar desta dificuldade real, o campo avançou substancialmente, incorporando nas práticas de conservação os avanços desses campos (TAGLE, 2008, p.32). A pouca comunicação afirmada anteriormente é na prática um ruído entre as diversas linguagens dos campos que em suas bases são diferentes, mas que encontram no objetivo em comum, um contexto para coabitar e se completar. Tagle (2008) destaca ainda:

O papel da ciência é cada vez mais bem definido em sua relação com os processos de conservação, não só porque pode envolver a identificação de um material específico,

mas no sentido de avaliar, juntamente com outros especialistas, os efeitos dos fatores identificados nos valores e na vida de objetos e coleções. O trabalho interdisciplinar permite identificar quão importante é seu impacto sobre os valores, o quanto pode ser feito, quando e como, auxiliando diretamente no desenvolvimento de estratégias de investigação mais objetivas e na tomada de decisão. Mohen (1999) fala mais sobre os resultados da interação entre essas disciplinas:

Os desafios da interdisciplinaridade, em nosso contexto, possibilitam hoje mais do que a simples relação entre campos científicos e o patrimônio. As pesquisas lideradas neste tema desenvolvem não só resultados para as questões propostas. Também há o desenvolvimento de novos materiais e novas formas de análise que se adequem melhor ao estudo do patrimônio, funcionando em ambas as direções.

As limitações do uso dessas técnicas para as instituições, assim como para os profissionais, arqueólogos e conservadores, ocorrem devido ao fato de serem muitas vezes onerosas, além da necessidade do auxílio de um especialista para interpretar os resultados das análises. Para viabilizar as análises, sugere-se que os responsáveis pelas coleções realizem convênios com laboratórios e instituições que tenham o interesse em desenvolver projetos de pesquisa em parceria, onde o arqueólogo e o conservador possam trabalhar em colaboração com os técnicos responsáveis dos laboratórios (CAMPOS; GRANATO, 2015, p.280-281).

Dentro da interdisciplinaridade mencionada ao longo deste artigo a ciência não pode ser considerada como um saber absoluto e puro, cuja racionalidade seria totalmente transparente e cujo método constituiria a garantia de uma objetividade incontestável. Assim como na preservação a subjetividade permeia o campo principalmente porque a interpretação dos dados é parte fundamental do processo e as ciências por si só não tem o conhecimento necessário para aplicar e compreender os resultados obtidos e aplicá-los no campo da preservação.

A subjetividade mencionada precisa ser considerada como parte do processo. Ressalta-se que é necessário ter a pergunta certa para saber qual processo analítico usar, a fim que o menor número possível de gastos e riscos ocorra. Às vezes um processo analítico só não trará as informações buscadas, sendo necessário entender as limitações da técnica para planejar e executar as análises de modo eficiente. A interpretação dos dados e a interface utilizada faz diferença. Alguns materiais não são reconhecidos em

determinadas técnicas por causa dos filtros utilizados. Esse tipo de situação deve ser alertada pelos técnicos e proposta uma solução.

Referências

AVRAMI, Erica; MANSON, Randall; TORRE, Marta de la. *Values and Heritage Conservation*. Research Report. Los Angeles: The Getty Conservation Institute, 2000.

BARRIO, J.; CHAMÓN, J.; ARROYO, M.; PARDO, A. I.; CATALÁN, E. La conservación y restauración de los metales arqueológicos: propuestas metodológicas y arqueometría. In: LLORENS, S.; GARCÍA-HERAS, M.; MORET, M. G.; RUIZ, I. M. *Actas VII Congreso Ibético de Arqueometría*. Madri. 2007. p 577- 592.

BOUTAINÉ, Jean Louis. A contribuição das ciências e técnicas para exame e análise das obras do patrimônio cultural. Alguns exemplos recentes. *Palestra apresentada no evento Conservar para Não Restaurar*. São Paulo, SP. 30 agosto 2000. Disponível em: <http://54.232.114.233/extranet/conservar_ao_restaurar/>. Acesso em: 20 jun. 2016.

CAMPOS, Guadalupe do Nascimento. Técnicas Microanalíticas da Arqueometalurgia. Diagnósticos e Métodos. In: REIGADA, Felipe; BLASI, Laura Di; MARIATH, Leyla (Orgs.). *Metais, Restauração e Conservação*. Rio de Janeiro: In-Fólio, 2009. p. 79-82.

CAMPOS, Guadalupe do Nascimento; GRANATO, Marcus. A Preservação de Coleções Científicas de Objetos Arqueológicos Metálicos. In: GRANATO, Marcus (Org). *MAST: 30 Anos de pesquisa - Museologia e Patrimônio*. Volume 1. Rio de Janeiro: Museu de Astronomia e Ciências Afins, 2015. p.269-296. Disponível em: <http://www.mast.br/hotsite_mast_30_anos/pdf/capitulo_09.pdf>. Acesso em: 13 ago. 2016.

CAMPOS, Guadalupe do N; GRANATO, Marcus; GOMES, Otávio da F. M.. Interdisciplinaridade e Preservação: a caracterização microanalítica dos ornatos e da Escultura da Águia da cobertura de cobre do Theatro Municipal do Rio de Janeiro. *Museologia & Interdisciplinaridade*, v.1, n.2, p.30-46, jul/dez de 2012. Disponível em: <<http://periodicos.unb.br/index.php/museologia/article/viewFile/7902/6030>>. Acesso em: 13 ago. 2016.

COSTA, Virginia. Ligas metálicas: estrutura propriedades e conservação de objetos culturais. In: SILVA, Armando Coelho Ferreira da; HOMEM, Paula Menino (Orgs.). *Ligas Metálicas: Investigação e Conservação*. Secção de Museologia e Laboratório de Conservação e Restauo do Departamento de Ciências e Técnicas do Patrimônio da Faculdade de Letras da Universidade do Porto. Porto: Faculdade de Letras da Universidade do Porto, 2008. p.15-27.

CURY, Isabelle (Org.). *Cartas Patrimoniais*. 2.^a ed. Rio de Janeiro: Iphan, 2001. 384p.

DESVALLÉES, André; MAIRESSE, François. *Conceitos-chave de Museologia*. Bruno Brulon Soares e Marília Xavier Cury, tradução e comentários. São Paulo: Comitê Brasileiro do Conselho Internacional de Museus: Pinacoteca do Estado de São Paulo: Secretaria de Estado da Cultura, 2013. 100 p.

GRANATO, Marcus; BRITO, Jusselma D. de; SUZUKI, Cristiane. Restauração do pavilhão, cúpula metálica e luneta equatorial de 32 cm - Conjunto Arquitetônico do Museu de Astronomia e Ciências Afins (MAST). *Anais do Museu Paulista*, v.13, n.1, p. 273-311, Jan.- Jun. 2005. Disponível em:

<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-47142005000100010>.

Acesso em: 13 ago. 2016.

GRANATO, Marcus; CÂMARA, Roberta Nobre da. Patrimônio, ciência e tecnologia: inter-relações. In: GRANATO, Marcus; CARVALHO, Claudia; ZAMORANO, Rafael; BENCHETRIT, Sarah F. (Orgs.). *Um olhar contemporâneo sobre a preservação do patrimônio material*. Rio de Janeiro: Museu Histórico Nacional, 2008. p.172-200.

GRANATO, Marcus; MAIA, Elias da S.; SANTOS, Fernanda Pires; OLIVEIRA, Pedro Louvain de Campos; SANTOS, Liliâne B.; HANDFAS, Ethel R. Valorização do patrimônio científico e tecnológico brasileiro: resultados de pesquisa. XIV Encontro Nacional de Pesquisa em Ciência da Informação (ENANCIB) GT 9 – Museu, Patrimônio e Informação. *Anais...* 2013.

GRANATO, Marcus; SANTOS, Fernanda Pires. Os Museus e a Salvaguarda do Patrimônio Cultural de Ciência e Tecnologia no Brasil. *MAST: 30 Anos de pesquisa - Museologia e Patrimônio*. Volume 1. Rio de Janeiro: Museu de Astronomia e Ciências Afins, 2015. p. 78-119. Disponível em: <http://www.mast.br/hotsite_mast_30_anos/pdf/capitulo_03.pdf>. Acesso em: 13 ago. 2016.

GONÇALVES, José Reginaldo Santos. Ressonância, materialidade e subjetividade: as culturas como patrimônios. *Horizontes Antropológicos*, Porto Alegre, ano 11, n. 23, p. 15-36, jan/jun 2005.

HOMEM, Paula Cristina Menino D.. Corrosão atmosférica da prata: monitorização e perspectivas de conservação preventiva. *Tese (Doutorado)*. Faculdade de Letras da Universidade do Porto em Museologia. Porto, 2013.

JAPIASSÚ, Hilton; MARCONDES, Danilo. *Dicionário Básico de Filosofia*. terceira edição revista e ampliada. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editor, 2001.

JIXIANG, Shan. Dialectical Speculations on the Scientific and Technological Aspects of Cultural Heritage Protection. *Museum International*, v.60, n. 1-2, p.49-58, 2008.

MOHEN, Jean-Pierre. *Les sciences du patrimoine: Identifier, conserver, restaurer*. Paris: Odile Jacob, 1999. 370 p.

MORA, Nora Díaz. *Apostila de materiais elétricos*. Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Campus de Foz do Iguaçu. Centro de Engenharias e ciências exatas. LAMAT - Laboratório de materiais. Foz do Iguaçu, 2010. Disponível em: <<http://www.foz.unioeste.br/~lamat/downmateriais/>>. Acesso em: 13 ago. 2016.

PINHEIRO, Lena Vania Ribeiro; GRANATO, Marcus. Para Pensar a Interdisciplinaridade na Preservação: algumas questões preliminares. In: SILVA, Rubens Ribeiro Gonçalves da (Org.). *Preservação Documental: uma mensagem para o futuro*. 1ed. Salvador: EDUFBA, 2012. p. 23-40.

ROSADO, Alessandra. História da Arte Técnica e Arqueometria: uma contribuição no processo de autenticação de obras de arte. *19 & 20*, Rio de Janeiro, v.III, n.2, abr. 2008. Disponível em: <http://www.dezenovevinte.net/obras/obras_arqueometria.htm>. Acesso em: 13 ago. 2016.

SCOTT, David A. *Metallography and Microstructure in Ancient and Historic Metals*. J. Paul Getty Trust, 1991. 155p.

SILVA, Armando Coelho Ferreira da; HOMEM, Paula Menino (Orgs.). *Ligas Metálicas: Investigação e Conservação. Secção de Museologia e Laboratório de Conservação e Restauro do Departamento de Ciências e Técnicas do Patrimônio da Faculdade de Letras*

da Universidade do Porto. Porto: Faculdade de Letras da Universidade do Porto, 2008. 135 p.

TAGLE, Alberto de. El papel de las ciencias en la preservación del patrimonio cultural. La situación en Europa. *BIENES CULTURALES*. Revista del Instituto del Patrimonio Cultural de España, n.8, p.27-36, 2008.

TYLECOTE, R. F. *A History of Metallurgy*. Maney Publishing. Second Edition. UK, 2002. 205p.

UZEDA, Helena Cunha de. *Introdução ao Estudo de Prataria e Ourivesaria*. Curso de Museologia. Disciplina: Museologia Aplicada a Acervos IV, Janeiro, 2009. Notas de Aula.

MUÑOZ-VIÑAS, Salvador. *Teoría contemporánea de la restauración*. Madrid: Editorial Síntesis. 2014

ZANIRATO, Sílvia Helena; CAVICCHIOLI, Andrea. Estratégias de conservação do patrimônio cultural material. *Revista Memória em Rede*, Pelotas, v.3, n.8, p.1-15, Jan./Jun.2013. Disponível em: <<http://www.ufpel.edu.br/ich/memoriaemrede/beta-02-01/index.php/memoriaemrede/article/view/155>>. Acesso em: 13 ago. 2016.