

## Conservação de coleções geológicas *Conservation of geological collections*

Miriam Della Posta de Azevedo<sup>1</sup>, Eliane Aparecida Del Lama<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo - USP, Rua do Lago, 562 - Cidade Universitária, CEP 05508-080, São Paulo, SP, BR (miriamigc@usp.br; edellama@usp.br)

Recebido em 05 de dezembro de 2013; aceito em 23 de maio de 2014

### Resumo

Este trabalho comprehende um estudo geral sobre a conservação de coleções geológicas, utilizando como referência o acervo de minerais, rochas e meteoritos do Museu de Geociências do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo (USP). A sistemática de conservação de coleções geológicas foi compilada a partir das principais fontes bibliográficas sobre conservação de materiais geológicos, além do conhecimento adquirido em participações em seminários, congressos e cursos, visitas técnicas a museus de instituições estrangeiras, aliados à experiência cotidiana da primeira autora como técnica do Museu de Geociências da USP desde o ano de 2005. O termo conservação, empregado neste trabalho, comprehende um conjunto de condições ideais às quais devem ser submetidas amostras de exposição (luz, temperatura, umidade relativa, impurezas do ar) e de reserva técnica (ambiente e materiais para acondicionamento). A partir da acepção do termo conservação, este trabalho apresenta uma descrição geral do estado das amostras do Museu de Geociências nos quesitos: deterioração devido à umidade relativa do ar (deliquescência ou desidratação), deterioração por oxidação, variações de cor nos minerais devido à exposição à luz, isolamento de minerais radioativos e asbestiformes. O objetivo do presente estudo é criar instrumentos que subsidiem uma melhor atuação da equipe do Museu de Geociências, bem como de outros acervos geológicos, no que concerne ao cuidado de suas amostras, de forma que possibilite que os minerais estejam pelo maior tempo possível à disposição tanto de pesquisadores quanto do público geral.

**Palavras-chave:** Coleções geológicas; Museu de Geociências; Conservação; Minerais.

### Abstract

This study comprises a general overview of the conservation of geological collections, namely the collection of minerals, rocks, and meteorites from the Museum of Geosciences of the University of São Paulo (USP), in Brazil. In order to perform this study, the researchers used the available bibliography about conservation of geological collections; the knowledge acquired throughout participations in congresses, lectures and other courses; technical visits to other geological museums around the world, and the experience of the first author as a museum technician at the Museum of Geosciences since 2005. Considering conservation a process that comprises a set of ideal conditions under which the exhibited samples and the storage samples should be submitted to (light, temperature, relative humidity, and air pollutants), this study describes the general condition of museum samples in each one of the parameters mentioned. The main conservational issues are: deterioration due to relative humidity (deliquescence or dehydration), oxidation, color changes by light exposition, and isolation of radioactive and asbestos minerals. The goal of this study is to create tools to support our museum staff as well as the staff of other geological collections regarding the care of the mineral collections to keep them available to researchers and general visitors for as long as possible.

**Keywords:** Geological collections; Museum of Geosciences; Conservation; Minerals.

## INTRODUÇÃO

O presente trabalho compreende um estudo geral sobre a conservação de coleções geológicas, utilizando como referência o acervo de minerais, rochas e meteoritos do Museu de Geociências do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo (IGc-USP).

Esta pesquisa mostra o quanto as coleções geológicas, ou seja, fósseis, meteoritos, minerais e rochas podem ser instáveis. (Re)conhecendo o tipo de vulnerabilidade à qual cada material está exposto, é possível diagnosticar seu tratamento ou evitar/minimizar seu desgaste.

Para que se possa discorrer sobre como conservar acervos geológicos, é preciso, antes, conhecer o comportamento de cada item da coleção. Este trabalho enfatiza os minerais, pois estes compõem a maior parte do acervo do Museu de Geociências da USP. Serão abordadas também, com menor ênfase, coleções de rochas e meteoritos.

Por se tratar de um texto destinado a dois grupos de leitores distintos — um deles composto por indivíduos com as mais variadas formações que atuam em acervos geológicos e outro composto por geólogos que atuam em museus e não possuem *background* museológico —, este trabalho aborda assuntos específicos referentes à Museologia e também assuntos mais técnicos, voltados para a área geológica. Esta foi a forma encontrada para contemplar o maior número possível de pessoas atuantes nas duas áreas.

São apresentadas as principais instituições museológicas com acervos geológicos no Brasil, bem como algumas definições teóricas importantes. Apresenta ainda a instituição Museu, em especial museus de ciências, desde suas origens até a atualidade. O *layout* de exposições geológicas com exemplos adquiridos nas visitas técnicas também é mostrado, assim como os sistemas utilizados para classificar minerais e rochas em exposição. Por fim, são apresentados de forma detalhada os museus utilizados como parâmetro de comparação com o Museu de Geociências da USP.

Os principais problemas de conservação enfrentados em acervos geológicos são apontados, decorrentes de fatores atmosféricos como umidade relativa do ar (UR), temperatura, luz e oxigênio, além de fatores conservacionais relacionados à saúde humana, tais como toxicidade e radioatividade. São apresentados também os diversos tipos de materiais utilizados em museus para conservação de amostras geológicas.

Por fim, é feito um diagnóstico do Museu de Geociências da USP, no que concerne à exposição e ao cuidado com as amostras expostas e em reserva técnica, utilizando a comparação com os museus parâmetros.

Pretende-se que este trabalho proporcione reflexões aos funcionários que atuam em museus e para os quais muitas vezes não há bibliografia disponível para sanar dúvidas cotidianas. Para os muitos problemas diagnosticados, alguns considerados complexos do ponto de vista de estruturação

do acervo, acondicionamento da reserva técnica e apresentação da exposição, foram observadas alternativas simples, adotadas por museus renomados (os museus parâmetros) e que podem ser adaptadas sem custo ou a um custo baixo. Não se trata de um manual de respostas prontas, mas de um trabalho em construção que discute propostas e alternativas a partir da observação e da vivência em um museu que, se não é considerado parâmetro entre os museus internacionais, com certeza o é do ponto de vista das Geociências no Brasil.

## MUSEUS DE GEOCIÊNCIAS

Os principais museus que contêm acervos geológicos no Brasil estão, em sua maioria, atrelados às escolas de Geologia.

É preciso salientar que não entram nessa relação os laboratórios didáticos dos cursos de Geologia e/ou Geociências. Muitos museus nasceram desses laboratórios, no entanto, utiliza-se neste trabalho a definição de museu do *International Council of Museum* (ICOM) adotada durante a XXI Conferência Geral em Viena, Áustria, em 2007, segundo a qual:

*Le musée est une institution permanente sans but lucratif, au service de la société et de son développement, ouverte au public, qui acquiert, conserve, étudie, expose et transmet le patrimoine matériel et immatériel de l'humanité et de son environnement à des fins d'études, d'éducation et de délectation* (tradução: Museu é uma instituição permanente sem fins lucrativos, a serviço da sociedade e seu desenvolvimento, aberta ao público e que adquire, conserva, pesquisa, comunica e exibe o legado tangível e intangível do ser humano e seu meio ambiente para propósitos educativos, de estudos e deleite. (ICOM, 2007, tradução nossa))

De acordo com essa definição, serão consideradas apenas as coleções universitárias abertas ao público e/ou com alguma atividade de extensão universitária.

Na Tabela 1 estão listados os principais museus/acervos de minerais e rochas do Brasil, por ordem alfabética das instituições.

De acordo com o levantamento apresentado na Tabela 1, baseado no Cadastro Nacional de Museus do Instituto Brasileiro de Museus (Ibram, 2011), no qual não constam as instituições cujos museus possuem apenas acervos paleontológicos, percebe-se que grande parte dos museus com acervos geológicos estão ligados às universidades. A Figura 1, elaborada com base na mesma tabela, apresenta as porcentagens de museus geológicos no Brasil geridos por universidades (públicas ou privadas), pelo setor público e pelo setor privado.

Dentre os museus universitários, a maioria pertence a universidades públicas federais, seguidas pelas universidades

**Tabela 1.** Principais museus de minerais e rochas do Brasil e as instituições às quais pertencem.

Museu	Localização	Tipo de instituição	Instituição
Casa da Glória <a href="http://www.igc.ufmg.br/casadagloria">www.igc.ufmg.br/casadagloria</a>	Diamantina, Minas Gerais	Universidade pública federal	Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG)
Exposição de Minerais e Rochas Orville Derby <a href="http://www.mineropar.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=138">www.mineropar.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=138</a>	Curitiba, Paraná	Instituição não universitária, privada	MINEROPAR, Serviço Geológico do Paraná
Museu Amsterdã Sauer <a href="http://www.amsterdamsauer.com.br/museu-amsterdam-sauer">www.amsterdamsauer.com.br/museu-amsterdam-sauer</a>	Rio de Janeiro, Rio de Janeiro	Instituição não universitária, privada	Amsterdã Sauer
Museu Câmara Cascudo <a href="http://acd.ufrn.br/geologia/sbp/cascudo.htm">acd.ufrn.br/geologia/sbp/cascudo.htm</a>	Natal, Rio Grande do Norte	Universidade pública federal	Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN)
Museu da Geodiversidade <a href="http://www.geologia.ufrj.br/museu">www.geologia.ufrj.br/museu</a>	Rio de Janeiro, Rio de Janeiro	Universidade pública federal	Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)
Museu das Culturas Dom Bosco <a href="http://www.mcdb.org.br/">www.mcdb.org.br/</a>	Campo Grande, Mato Grosso do Sul	Universidade privada	Missão Salesiana do Mato Grosso, Universidade Católica Dom Bosco
Museu das Minas e do Metal <a href="http://www.mmm.org.br/">www.mmm.org.br/</a>	Belo Horizonte, Minas Gerais	Parceria público privada (PPP)	Governo do Estado de Minas Gerais e Grupo EBX
Museu de Ciência e Técnica da Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto <a href="http://www.museu.ufop.br/">www.museu.ufop.br/</a>	Ouro Preto, Minas Gerais	Universidade pública federal	Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP)
Museu de Ciências da Terra <a href="http://www.mme.gov.br/sgm/menu/entidades_vinculadas/Museu.html">www.mme.gov.br/sgm/menu/entidades_vinculadas/Museu.html</a>	Rio de Janeiro, Rio de Janeiro	Instituição não universitária, pública	Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM)
Museu de Ciências da Terra Alex Dorofeef (Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa) <a href="http://www.mctad.ufv.br">www.mctad.ufv.br</a>	Viçosa, Minas Gerais	Universidade pública federal	Universidade Federal de Viçosa (UFV)
Museu de Ciências Naturais <a href="http://www.ucs.br/ucs/museu/areadeatuacao/geociencias/geociencias">www.ucs.br/ucs/museu/areadeatuacao/geociencias/geociencias</a>	Caxias do Sul, Rio Grande do Sul	Universidade privada	Universidade de Caxias do Sul
Museu de Ciências Naturais <a href="http://www.unicentro.br/museu">www.unicentro.br/museu</a>	Guarapuava, Paraná	Universidade pública estadual	Universidade Estadual do Centro Oeste (UNICENTRO)
Museu de Geociências da Universidade Federal do Pará <a href="http://www.gmga.ufpa.br/">www.gmga.ufpa.br/</a>	Belém, Pará	Universidade pública federal	Universidade Federal do Pará (UFPA)
Museu de Geociências da Universidade de Brasília <a href="http://vsites.unb.br/ig/exte/museu/index.html">vsites.unb.br/ig/exte/museu/index.html</a>	Brasília, Distrito Federal	Universidade pública federal	Universidade de Brasília (UnB)
Museu de Geociências da Universidade de São Paulo <a href="http://www.igc.usp.br/museu">www.igc.usp.br/museu</a>	São Paulo, São Paulo	Universidade pública estadual	Universidade de São Paulo (USP)
Museu de Geologia da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais <a href="http://www.cprm.gov.br/publique/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?sid=93">www.cprm.gov.br/publique/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?sid=93</a>	Porto Alegre, Rio Grande do Sul	Instituição não universitária, pública	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM), Serviço Geológico do Brasil
Museu de História Geológica do Rio Grande do Sul <a href="http://www.unisinos.br/nit/index.php">www.unisinos.br/nit/index.php</a>	São Leopoldo, Rio Grande do Sul	Universidade privada	Universidade do Vale dos Sinos (UNISINOS)
Museu de História Natural da Universidade Federal de Alagoas (temporariamente fechado para reforma)	Maceió, Alagoas	Universidade pública federal	Universidade Federal de Alagoas (UFAL)

Continua...

**Tabela 1.** Continuação.

Museu	Localização	Tipo de instituição	Instituição
Museu de História Natural de Alta Floresta afl.unemat.br/muhisnaf/	Alta Floresta, Mato Grosso	Universidade pública estadual	Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT)
Museu de História Natural e Jardim Botânico da Universidade Federal de Minas Gerais www.mhnjb.ufmg.br/index.html	Belo Horizonte, Minas Gerais	Universidade pública federal	Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG)
Museu de Minerais e Rochas (MMR) www.ufpe.br/geologia	Recife, Pernambuco	Universidade pública federal	Centro de Tecnologia e Geociências da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)
Museu de Minerais e Rochas da Universidade Federal de Uberlândia www.redemuseus.proex.ufu.br/minerais.htm	Uberlândia, Minas Gerais	Universidade pública federal	Universidade Federal de Uberlândia (UFU)
Museu de Minerais e Rochas Professor Heinz Ebert www.rc.unesp.br/museudpm	Rio Claro, São Paulo	Universidade pública estadual	Universidade Estadual Paulista (UNESP)
Museu de Mineralogia e Petrologia Luiz Eglert www.museumin.urgs.br	Porto Alegre, Rio Grande do Sul	Universidade pública federal	Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)
Museu de Mineralogia Victor Dequech www.geosol.com.br/geosol/site/php/default_interna.php?id=5&subId=11	Belo Horizonte, Minas Gerais	Instituição não universitária, privada	GEOSOL
Museu de Pedras Ramis Bucair www.camaracba.mt.gov.br/index.php?pag=tur_item&id=22	Cuiabá, Mato Grosso	Instituição não universitária, privada	
Museu de Pré-História Casa Dom Aquino www.institutoecoss.com.br/site/index.php?option=com_content&view=frontpage&Itemid=1	Cuiabá, Mato Grosso	Parceria público privada (PPP)	Prefeitura Municipal de Cuiabá e Instituto ECOSS
Museu Geológico da Bahia www.sicm.ba.gov.br/Pagina.aspx?pagina=mgb	Salvador, Bahia	Instituição não universitária, pública	Secretaria da Indústria, Comércio e Mineração do Estado da Bahia
Museu Geológico Valdemar Lefèvre www.mugeo.sp.gov.br	São Paulo, São Paulo	Instituição não universitária, pública	Instituto Geológico, Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo
Museu Joias da Natureza www.adesaf.org.br/joias	São Vicente, São Paulo	Organização não governamental (ONG)	Associação de Desenvolvimento Econômico e Social às Famílias (ADESAF)
Museu Nacional www.museunacional.ufrj.br	Rio de Janeiro, Rio de Janeiro	Universidade pública federal	Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)
Museu Paraense Emílio Goeldi www.museu-goeldi.br	Belém, Pará	Instituição não universitária, pública	Ministério da Ciência e Tecnologia

Fonte: Guia dos Museus Brasileiros (Ibram, 2011).

públicas estaduais. A porcentagem de museus universitários dividida entre instituições públicas federais, estaduais e privadas encontra-se demonstrada na Figura 2.

### Origem dos museus de Mineralogia

Os museus, tais como se apresentam atualmente, como instituições abertas ao público geral de todas as classes sociais, é um fenômeno recente na história do homem, remontando ao final do século XVIII na Europa (Fernandez, 1999). Porém, para compreender suas origens, remonta-se

à Europa do século XV. Os museus em geral, incluindo as coleções mineralógicas, tiveram seu embrião na Europa entre os séculos XVI e XVII, um período marcado pelas grandes viagens exploratórias ao Oriente, África e Américas, descobertas de novas terras e culturas. Os viajantes que conseguiam retornar em segurança aos países de origem levavam consigo muitos objetos exóticos, como roupas, cerâmicas, animais, plantas e minerais. Lembrando que apenas a nobreza participava dessas empreitadas, logo começaram a ser montados salões nas residências nobres, para a exposição desses objetos.

As referidas coleções tinham caráter comprobatório, serviam para atestar que realmente as pessoas estiveram naqueles lugares e viram aqueles objetos. O objetivo inicial era reunir objetos que causassem espanto nos convivas de seus organizadores, por isso, quanto mais exótico e bizarro o salão de exposições, mais aceito pela comunidade colecionista. Esses salões, chamados de gabinetes de curiosidades (Figura 3), continham todo tipo de objetos: plantas tropicais, animais exóticos, deformidades embrionárias (fetos de animais com má formação), cerâmicas orientais, pergaminhos em idiomas desconhecidos, vestimentas rituais, fósseis e conchas, além de rochas ou minerais que tivessem características incomuns ou fossem desconhecidos no Velho Mundo (Gomes, 2010).

No início, os coletores de minerais estavam mais interessados em suas propriedades farmacológicas do que em sua beleza ou valor de mercado. Havia também os minerais com qualidades gemológicas, que eram preservados como tesouros de famílias, sendo transmitidos de geração em geração ou, como se sabe, mais tarde foram constituintes de tesouros de Estados. As cores e formas curiosas do reino mineral eram desafios que foram tentando ser explicados pelos estudiosos interessados em História Natural. Formação e jazidas eram os interesses principais.

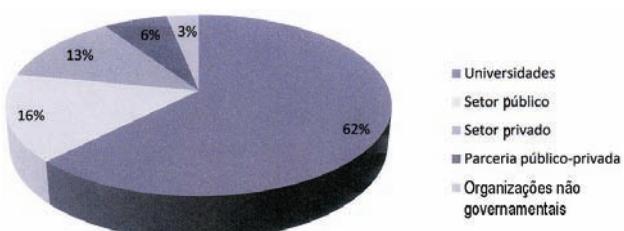
Os gabinetes de curiosidades foram muito expressivos desde o fim do Renascimento (século XV) e durante todo o período Iluminista (entre os séculos XVII e XIX), marcando o estabelecimento de uma prática especial que ficou conhecida como colecionismo. A partir do século XVIII, os soberanos das nações

recém-formadas (Portugal, Espanha, França e Inglaterra) passaram a entender que era responsabilidade pública a difusão do conhecimento, cabendo ao Estado promover ações para difundir o saber científico, grande impulsionador do progresso. Assim, as coleções particulares e bibliotecas passaram a ser alvo dos Estados que visavam à instrução pública. O colecionismo passou a ser sinônimo de poder. Por isso, durante todo o século XVIII e XIX foi criada uma consciência coletiva de que as coleções eram um meio eficaz de aprimoramento dos conhecimentos de ciências, artes e letras. Os antigos gabinetes, antiquários e coleções privadas foram, assim, paulatinamente, sendo adquiridos pelos governos e fundidos, dando margem para a abertura de espaços públicos.

No século XVII, os gabinetes de História Natural eram mais numerosos na Itália. Alguns minerais colecionados pelos Médicis ainda são conservados na Universidade de Florença (Schubnel, 1987).

A evolução desses espaços culminou na criação das grandes coleções de História Natural na Europa a partir do século XVIII (Lopes, 1997).

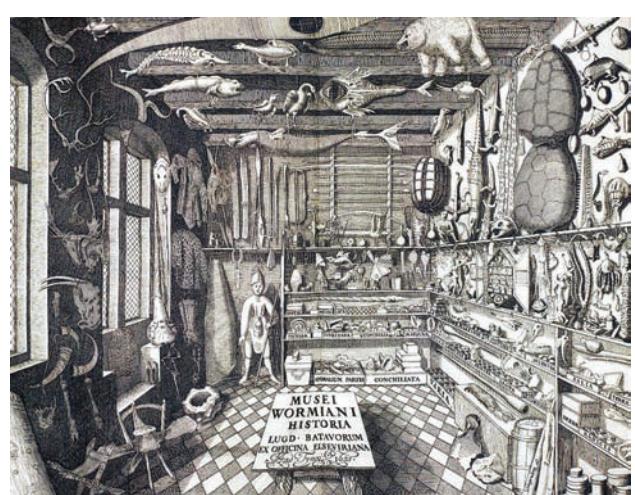
Nectoux e Le Cléac'h (2013) apontam as dez coleções de minerais mais importantes do mundo, assim discriminadas: Instituto de Mineralogia (Freiberg, Alemanha), Instituto Smithsonian (Washington, Estados Unidos), Museu Americano de História Natural (Nova York, Estados Unidos), Museu de História Natural (Londres, Grã-Bretanha), Museu de História Natural (Viena, Áustria), Museu de Mineralogia da Escola de Minas (Paris, França), Museu Mineralógico A. E. Fersman (Moscou, Rússia), Museu Mineralógico e Geológico (Universidade de Harvard, Cambridge, Estados Unidos), Museu Nacional (Praga, República Tcheca) e Museu Nacional de História Natural (Paris, França).



**Figura 1.** Gráfico demonstrativo das porcentagens de museus de Geologia pertencentes aos setores públicos, privados e universidades no Brasil. Considera-se um total de 32 instituições.



**Figura 2.** Gráfico da porcentagem de museus geológicos universitários de acordo com cada tipo de instituição universitária. Considera-se o total de 20 instituições.



Fonte: [pt.wikipedia.org/wiki/Gabinete\\_de\\_curiosidades](http://pt.wikipedia.org/wiki/Gabinete_de_curiosidades).

**Figura 3.** Gravura na folha de rosto do livro *Museum Wormianum*, catálogo do gabinete de curiosidades do médico e colecionador Owl Worm (1588-1655).

O primeiro museu moderno criado nesse contexto e que recebeu oficialmente esse título foi o *Ashmolean Museum*, em Oxford, na Inglaterra. Ashmole, colecionador particular de objetos de História Natural, Arqueologia e Antropologia era membro da Real Sociedade Inglesa, entidade criada em 1661 que tinha por finalidade a discussão de teorias científicas e pesquisas aplicadas (Hasquin, 2009). Posteriormente, Ashmole doou toda a sua coleção para a Universidade de Oxford, que veio a fundar o *Ashmolean Museum* em 1683.

É preciso apresentar aqui duas correntes básicas da Museologia europeia, que tiveram grande repercussão no momento de criação dos museus brasileiros, a inglesa e a francesa. O século XVIII ficou marcado pelo início das atividades museológicas de grande porte na Inglaterra e França, cujas peculiaridades de estilo levaram à criação de dois modelos distintos de Museologia (Balerdi, 2008). No entanto, o privilégio dado a cada um dos tipos de instituições nesses dois países forjou um fazer museológico característico de cada um.

Em 1745, o primeiro museu parisiense, o Gabinete de História Natural do Rei, foi apresentado ao público (Schubnel, 1987).

O *British Museum* foi o primeiro museu nacional a ser criado (o *Ashmolean* pertencia à Universidade de Oxford e não à nação inglesa), em 1753, e foi aberto ao público em 1759. Tinha um caráter científico-pedagógico voltado à investigação e pesquisa científica. Essa postura científica, já presente no *Ashmolean Museum*, caracterizou a criação de outros museus na Inglaterra (Martinez, 2006) e, posteriormente, nos países de colonização inglesa (destaca-se aqui o *Smithsonian National Museum of Natural History*/Museu Nacional de História Natural do Instituto Smithsonian e o *American Museum of Natural History*/Museu Americano de História Natural, ambos nos Estados Unidos).

Em 1880, as coleções de História Natural do *British Museum* mudaram para um novo edifício, criando assim o *London Natural History Museum* (Museu de História Natural de Londres).

Já o segundo museu nacional a ser criado na Europa foi o Museu do Louvre, em 1793. Diferente do *British Museum* em Londres, o Louvre tinha caráter artístico, voltado ao deleite da população. Apesar de não ser aberto a toda população francesa (apenas uma vez por semana o acesso era universal), era tido como um museu democrático, diferente do museu inglês, que servia quase exclusivamente (apesar de ser aberto ao público geral) à comunidade científica. A arte era tida como um instrumento de libertação do indivíduo, característico da modernidade da sociedade francesa. A maioria dos museus europeus foi criada com inspiração na tradição francesa (Martinez, 2006), o que não ocorreu com os portugueses. Por questões históricas que fogem ao tema deste trabalho, Portugal era muito mais próximo à Inglaterra do que à França. Assim, os modelos de museus reproduzidos no território português foram os museus universitários e de

ciências. Os museus de artes existiam, mas não com o peso social e o prestígio gozado pelos museus de ciência (incluindo os museus de Mineralogia e Petrologia). Por conseguinte, o Brasil também seguiu o estilo de museu anglo-saxão, sendo o primeiro museu brasileiro o Museu Real, criado em 1818 por D. João VI, para “atender aos interesses de promoção do progresso cultural e econômico do país” (Museu Nacional, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2013).

É imprescindível ressaltar neste trabalho a importância desses processos primitivos de musealização, especialmente no território português (que inclui o atual território brasileiro).

Durante o Período Pombalino (1750–1777) apareceram as estruturas universitárias que dariam origem aos atuais três principais museus universitários portugueses, das universidades de Coimbra, Porto e Lisboa, no momento em que o conhecimento teórico das ciências naturais passou a ser relacionado às práticas de laboratório (Gomes, 2010). Essa forma de construção empírica do conhecimento científico deu origem às coleções didático-científicas que seriam os museus universitários portugueses, os quais por sua vez serviram de modelo para as instituições brasileiras. Não é a toa que o primeiro museu do Brasil (na época, Reino Unido de Portugal e Algarves) foi um museu de História Natural. No final do século XIX e início do século XX, a comunidade científica passou a dar uma importância sem precedentes à investigação e aos resultados empiricamente comprovados. Nessa fase se insere a criação de outros dois dos principais acervos de Mineralogia e Petrologia do país (já independente): O Museu Paraense Emílio Goeldi, em 1871, e o Museu Paulista, em 1894 (Figueirôa, 2000). Assim, o museu passou a ser visto como um espaço perfeito para a união entre teoria e prática, principalmente dentro das universidades. O museu, assim, aproximou-se de um espaço laboratorial. Isso explica, portanto, porque a maioria dos museus geológicos no Brasil pertence ou está ligada às universidades.

Os museus e acervos de Mineralogia passaram a ser criados com o objetivo de colocar à disposição dos professores de Ciências Naturais os elementos práticos para complementarem as atividades teóricas.

Em meados do século XX esses museus começaram a abrir as portas para o público em geral. De início, as pessoas apreciavam muito a beleza e raridade dos minerais, demonstrando interesse pelo estudo e conservação do acervo. Porém, com o passar dos anos, essas mostras deixaram de ser novidade e, quer pelas grandes dimensões do acervo exibido, quer pela inalteração das exposições, os museus começaram a perder gradualmente seus visitantes, sendo que nas instituições mineralógicas universitárias a maior parte do público é escolar (assim, o museu ainda aparece como laboratório de aula prática e não consegue despertar a atenção do visitante espontâneo não especialista no assunto).

A ideia de museu, no século XX, ainda esteve atrelada ao colecionismo. Definia-se museu como:

[...] uma coleção de objetos artísticos, científicos ou históricos. Neste sentido, na hora de analisar o conceito de museu, tal como chegado aos nossos dias, descobre-se que corresponde fundamentalmente ao modelo europeu, e, em consequência, muitas de suas características vêm marcadas pelas exigências e preocupações que a sociedade ocidental tinha e experimentava no momento de sua criação. (Hernandez, 2012)

O período áureo dos museus, na Europa, foi interrompido na segunda década do século XX, por ocasião da I Guerra Mundial, e essa pausa durou até o fim da década de 1940, com o término da II Guerra.

Pelo fato dos museus terem sido construídos sobre o alicerce das tradições, o primeiro organismo pensado para gerir museus, o ICOM, foi criado como uma Organização não Governamental relacionada formalmente à Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO), em 1946, logo após o fim da II Guerra. Assim, em 1947, aprovada nos estatutos do ICOM, encontra-se a primeira definição oficial de museu: “instituição permanente, que conserva e apresenta coleções de objetos de caráter cultural ou científico, com fins de estudo, educação e deleite”. Nova definição passou a ser adotada, em 1974, incluindo o patrimônio:

uma instituição, sem fins lucrativos, a serviço da sociedade e seu desenvolvimento, aberto ao público, que adquire, conserva, investiga, comunica e exibe testemunhos materiais do homem e seu entorno, com fins de estudo, educação e deleite (Hernandez, 2012).

Por fim, após um longo debate, em 2007 chegou-se à definição atual, já citada na abertura deste capítulo.

A Museologia é uma ciência recente; sua primeira definição data da década de 1950 (Desvallées e Mairesse, 2010) e, no Brasil, passou a ser difundida somente na década de 1970, apesar de o primeiro *Curso Técnico de Museus* datar de 1932. O curso, com duração de dois anos, estava inicialmente ligado à direção do Museu Histórico Nacional e evoluiu para a atual Escola de Museologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (<http://www4.unirio.br/museologia/inicial.htm>). Por isso, a maioria das publicações científicas contempla os tipos de museus mais comuns no Brasil, os museus de arte e históricos. Os museus de mineralogia têm seguido uma organização expositiva baseada mais na tradição mineralógica do que em bibliografias técnicas.

Os delineamentos para moldar uma teoria para a Museologia foram gerados e divulgados no plano internacional a partir da década de 1980 (Cerávolo, 2004) e se relacionam com a instauração do Comitê Internacional para a Museologia (ICOFOM), em 1977, vinculado ao ICOM. O principal objetivo desse comitê é

difundir a Museologia como uma disciplina científica e acadêmica a qual irá encorajar o desenvolvimento de Museus e profissionais de museus por meio de pesquisas, estudos e disseminação das principais correntes do pensamento museológico (Desvallées e Mairesse, 2010).

No Brasil, a lei que institui a profissão de museólogo é a Lei nº 7.287, de 1984, regulamentada pelo Decreto nº 91.775, de 1985.

A exposição de minerais no Brasil esteve desde sua origem relacionada às iniciativas particulares ou científicas (universidades), sendo incomum a presença do Estado na organização de museus mineralógicos, ao contrário do que acontece no campo da História, Antropologia e das Artes (muito comum em vários municípios a existência de um museu histórico municipal, o que não ocorre, por exemplo, com museus de minerais e rochas).

Por esses fatores não há ainda bibliografia científica sobre normatização técnica de exibição de minerais e rochas. Como toda ciência em fase inicial, a Museologia de exposições minerais começou a tomar forma a partir dos anos 2000, com a observação de exposições já existentes, diagnósticos dessas exposições e publicações de artigos. Não há museologia oficial sobre coleções de minerais, nem estudos de mineralogia de campo em museus. Entende-se aqui museologia oficial como o conjunto de documentos internacionais assinados pelo ICOM, ou nacionais assinados pelo Instituto Brasileiro de Museus. Por isso, os trabalhos existentes são de cunho experimental, numa área de conhecimento ainda não definida, que transita entre a Geologia, a Museologia e a Educação.

É sensível que nos últimos anos está havendo um movimento para repensar os museus de ciências de um modo geral. As exposições estão mais interativas e os conceitos tendem a ser apresentados de modo que o público leigo consiga apreender senão o todo, pelo menos grande parte do que é exposto. A comunicação, interface entre público e coleção, tem sido o aspecto mais relevante na construção de exposições recentes.

Merecem destaque espaços como o Museu das Minas e do Metal, em Belo Horizonte, Minas Gerais, que conseguiu aglutinar em um mesmo museu, exposições contemplativas e interativas. Esse novo espaço incorporou o acervo do antigo Museu de Mineralogia Professor Djalma Guimarães. No Brasil, iniciativas desse porte só foram possíveis com o auxílio da iniciativa privada.

Outro exemplo é o Museu da Geodiversidade, da Universidade Federal do Rio de Janeiro. A exposição de minerais nesse museu não se encontra organizada segundo critérios científicos mineralógicos, mas sim de forma a chamar a atenção do público leigo (Minerais, frutos da Terra). Além disso, há, assim como no Museu das Minas e do Metal, bastante utilização de recursos multimídia e interatividade. Museus

como o Museu de Geociências da Universidade de Brasília (UnB), o Museu Geológico da Bahia e o Museu Nacional estão, atualmente, passando por processos de reformulação, a fim de atualizar e dinamizar seus acervos e exposições.

Os museus e acervos mineralógicos universitários enfrentam, atualmente, um problema de difícil solução: a oposição entre a burocracia administrativa arcaica das universidades públicas e o apelo multimídia cada vez maior de que se servem as instituições museológicas privadas.

Os museus, em geral, e os universitários, em específico, reféns da estrutura governamental brasileira, formam um corpo tido como “espécime marginal, no esquema das prioridades culturais de poder” (Balerdi, 2008). E tal afirmação demonstra-se clara quando se lança um olhar geral sobre o corpo funcional dos museus universitários.

A maioria do corpo funcional dos museus universitários de pequeno porte possui funcionários não especializados, que não demonstram ter mais do que uma vaga ideia de que a Museologia é uma ciência. A maioria vai parar por acaso nesses setores; alguns felizmente compreendem do que se trata e vão em busca de informações e conhecimento específico; outros continuam por desempenhar insuficientemente suas funções. Assim, os museus universitários que alcançam algum sucesso devem isso a uma excepcionalidade, não a um planejamento.

Com poucos meios se deve fazer, e se tem feito, mais do que cabe esperar: o trabalhador se multiplica, desempenha funções ou assume como próprios trabalhos que não lhe correspondem, sacrifica suas energias e se rouba tempo livre, com a finalidade de demonstrar a validade de seus postulados (e assim, está claro que realiza uma tarefa louvável – quase militante – a que não está obrigado). (Balerdi, 2008)

## Exposições mineralógicas

A primeira catalogação sistemática de um museu universitário português (Museu Nacional de História Natural da Universidade de Lisboa) teve início em 1863 e, após várias mudanças, concretizou-se em 1926 (Leite, 2009), ordenando os minerais quimicamente de acordo com sua classificação aniónica. Essa ainda é a sistemática adotada pela maioria dos museus e acervos brasileiros.

Há de se dizer, no entanto, que essa sistemática, apesar de ser a que mais se adapta aos minerais, coloca-os, ao mesmo tempo, num patamar de total incompreensão por parte do público geral. Essa classificação é, portanto, seguramente perfeita para a comunidade geológica, mas ineficaz para o grande público.

Pode-se assim, distinguir, atualmente, dois tipos básicos de exposições mineralógicas:

1. Exposições contemplativas (ou clássicas): nesse tipo de exibição, não há interação entre objeto museológico e

visitantes. Estes são meros expectadores das peças expostas, não podendo manipulá-las ou experimentá-las de outras formas que não seja a visual. Destinadas à comunidade científica, são baseadas em classificações mineralógicas internacionais (Dana ou Strunz). O termo “clássica” remete ao fato de essas exposições contemplativas terem sido o primeiro arranjo para exposição de minerais e permanecerem inalteradas por mais de século em muitos museus, como o de Viena, por exemplo. O visitante leigo só comprehende seu propósito por meio de mediação;

2. Exposições interativas: de caráter mais recente, destinadas a diversos tipos de públicos, como educação informal, explora as características minerais associadas ao conhecimento prévio do visitante (aprendizagem significativa). Possuem dispositivos manipuláveis, que possibilitam ao visitante interagir com o que é exposto. Não confundir aqui, interatividade com utilização de equipamentos multimídia.

Por isso, na ausência de um manual de exposições mineralógicas que diga ao corpo funcional dos museus como fazer (pessoas que na grande maioria das vezes não são museólogos), há alguns parâmetros que devem ser seguidos em qualquer tipo de exposição, sendo, por isso, ponto de partida também para as exposições mineralógicas.

Tomando como base que “exposições são intermediários entre o acervo do museu e seu público”, deve-se definir *a priori* o público-alvo a quem a exposição se destina, pois é ele quem vai direcionar o espaço a ser utilizado, a linguagem adequada, os recursos didáticos, entre outros aspectos. Definição de objetivos, equipe adequada aos projetos (incluindo profissionais convidados) e aspectos materiais, como recursos financeiros e espaços físicos, são alguns dos pontos a serem discutidos na concepção de uma exposição.

Som, iluminação, textura e imagens são fatores que influenciam na comunicação da exposição com o visitante. A Museums & Galleries Comission (2001), instituição britânica que normatiza regras para museus e galerias de arte, sugere uma plataforma básica para a montagem de exposições, perfeitamente aplicável às exibições de minerais:

1. Definir a função da exposição no museu (a partir da missão da instituição);
2. Definir o público-alvo;
3. Conhecer os recursos financeiros disponíveis;
4. Procurar conhecimento especializado no assunto antes de formatar a exposição (tema tratado, salvaguarda do acervo, curadoria, *design*, educação, *marketing* e segurança);
5. Escolher os profissionais envolvidos;
6. Fixar um cronograma apropriado e realista;
7. Redigir um projeto de exposição;
8. Organizar a segurança da exposição (dos objetos, funcionários e visitantes);
9. Maximizar o acesso à exposição.

No Brasil, a maioria dos museus de mineralogia tem exposições em estilo clássico, privilegiando exibições destinadas ao público científico, sem levar em conta a mudança do perfil de visitante nos últimos anos e os critérios museológicos de exposição. Não se quer dizer, com isso, que critérios científicos devam ser abolidos das exposições. Pelo contrário, devem permanecer, contudo, abrindo espaços para novas formas expositivas. A coexistência dos estilos clássico e interativo é uma boa alternativa para se contemplar diversos tipos de públicos-alvo.

Leite (2009), em um estudo embasado no público visitante do Museu de História Natural da Universidade de Lisboa, constatou que “o público prefere exposições com abordagens mistas, isto é, exposições com elementos de uma índole contemplativa e elementos de índole interactiva”.

Um exemplo bem ilustrativo é a exposição do Museu de História Natural de Londres. Por possuir um edifício que propicia uma ampla utilização do espaço, optou-se por manter os dois tipos de exposições mineralógicas citadas.

O visitante que quiser “voltar no tempo” (tanto que a publicidade dessa exposição é *step back in time*) pode visitar a Galeria de Minerais (Figura 4A). Trata-se de um enorme salão, no qual está a exposição de minerais tal qual se encontrava em 1881. Essa é uma típica exposição mineralógica clássica contemplativa, na qual o visitante observa vitrina por vitrina, com poucas legendas e muitas amostras. Por isso, percebe-se que esse tipo de exibição é focada em um público que já possui um conhecimento mínimo do assunto abordado (deve-se saber, por exemplo, o que são elementos nativos, sulfetos, haletos, ou então olhar cada vitrina até se deparar com o mineral desejado).

Se o visitante quiser apenas apreciar o mundo mineral, sem vínculo com nomenclaturas científicas, pode dirigir-se ao The Vault (Figura 4B), um espaço contíguo à Galeria dos Minerais, e que possui uma exposição moderna, com técnicas expositivas adequadas ao público leigo, com um caráter mais interativo e menos contemplativo.

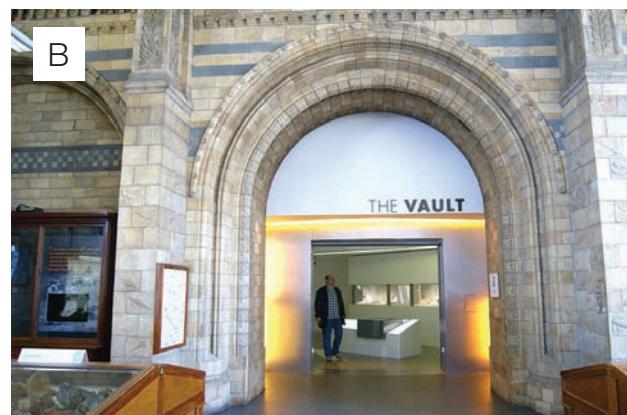
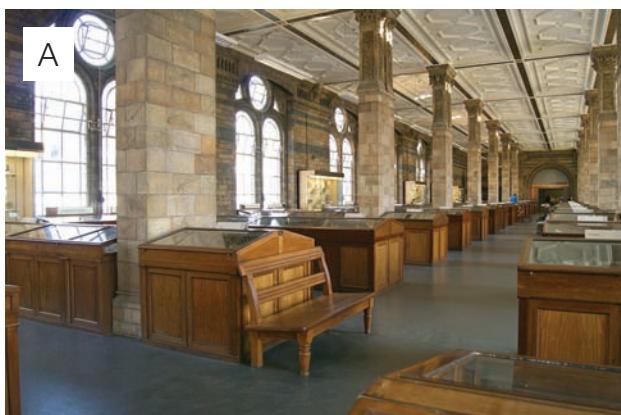
Uma vez que não há especificação científica para montagem de exposições mineralógicas, prevalece sempre o bom senso na observação do público-alvo do museu e nas constantes demandas dos visitantes.

### Classificação mineralógica

Para que se entenda melhor a classificação sistemática dos minerais, tal como é utilizada pelos mineralogistas e, por conseguinte, refletidas na organização expositiva de muitos museus, recorre-se à composição química de cada mineral, reunindo-os em grupos de acordo com suas afinidades químicas aniónicas ou estruturais. Os dois mineralogistas que mais se destacaram na sistematização de minerais em classes de acordo com sua composição química foram James Dwight Dana (1813-1895) e Karl Hugo Strunz (1910-2006). Por isso não é raro ouvir que certo acervo está organizado “de acordo com Dana” ou “segundo Strunz”.

James D. Dana publicou a primeira versão de seu sistema de mineralogia (*System of Mineralogy*) em 1837. A oitava edição do sistema, utilizada neste estudo, descreve, cataloga e classifica todos os minerais conhecidos no período (1997). O sistema de classificação de Dana dá a cada mineral descrito um número contendo quatro partes separadas por períodos. A classificação é feita com base nas semelhanças químicas entre as composições dos minerais, enfatizando-se o ânion predominante na fórmula química. Todos os museus citados neste trabalho, com exceção dos museus alemães, utilizam essa classificação. A seguir, tem-se um exemplo da numeração do mineral esfalerita (ZnS), 2.8.2.1 de acordo com o sistema de Dana:

2.	8.	2.	1
Classe dos Sulfetos	Minerais isoestruturais com fórmula química AB	Grupo da esfalerita	Esfalerita



**Figura 4.** London Natural History Museum. (A) vista geral da Galeria de Minerais. Ao fundo, a entrada para The Vault; (B) entrada do The Vault, enfatizando impacto temporal entre uma exposição do século XIX e outra do século XXI.

- A separação dos minerais de acordo com os ânions ou grupos aniónicos dominantes é utilizada devido a alguns fatores:
- (1) os minerais que têm em comum o mesmo ânion ou grupo aniónico dominante têm afinidades familiares inconfundíveis (Klein e Dutrow, 2012), o que não ocorre com os grupos catiônicos;
  - (2) os minerais relacionados pelo mesmo ânion tendem a ocorrer em ambientes geológicos semelhantes ou até no mesmo ambiente.

No entanto, é importante salientar que apenas a composição química não fornece informações suficientes para a classificação de um mineral. A estrutura cristalina, organização espacial dos átomos que compõem o mineral, é de fundamental importância no processo de identificação. Estrutura cristalina e composição química constituem, juntas, os parâmetros fundamentais para a classificação mineral. Um curador que não tenha essas informações não está apto a organizar uma coleção científica de minerais.

Com exceção dos elementos nativos, cujos átomos são suficientemente inertes para se apresentarem em estado elemental na natureza, as demais classes minerais são agrupadas de acordo com o ânion ou grupo aniónico predominante na composição química. A Tabela 2 ilustra o nome das classes minerais segundo a classificação de Dana e os ânions correspondentes, nas valências predominantes. As classes descritas na Tabela 2:

[...] são subdivididas em famílias, com base nos tipos químicos, e as famílias, por sua vez, podem ser subdivididas em grupos baseados na semelhança estrutural. Um grupo é constituído de espécies que podem formar séries entre si. Espécies têm a mesma estrutura, mas composições químicas diferentes. A espécie pode ser subdividida em variedades químicas, por modificadores adjetivantes, que refletem a presença de quantidades incomuns dos elementos químicos. (Klein e Dutrow, 2012)

Karl H. Strunz desenvolveu uma tabela mineralógica (*Mineralogischen Tabellen*) com a organização sistemática dos minerais baseada em suas propriedades cristaloquímicas. Foi publicada pela primeira vez em 1941 e hoje está em sua nona edição. Essa classificação combina as características químicas e os princípios estruturais do mineral, como o tamanho do cátion e o número de coordenação (Strunz e Nickel, 2001). Na última edição dessa tabela, em 2001, Ernest Nickel e Hugo Strunz apresentam a divisão dos minerais em dez classes de acordo com suas características químicas. Tais classes são subdivididas de acordo com seus princípios químico-estruturais e levam uma codificação alfanumérica que permite a inserção futura de novas espécies minerais sem que haja mudança na estrutura básica de classificação. A numeração engloba, preferencialmente, grupos ao invés de minerais individuais. Na numeração de Strunz, o primeiro algarismo representa

**Tabela 2.** Classes minerais agrupadas de acordo com a composição química e o ânion predominante, segundo Dana e Dana (1997).

Classe	Composição química
Elementos nativos e ligas	Minerais constituídos por apenas um elemento químico (Ag, Au, C, Cu, Fe, Pt, S e Sb são os mais importantes)
Sulfetos e compostos Relacionados	S <sup>2-</sup> ou As <sup>3-</sup>
Óxidos	O <sup>2-</sup> combinado com um ou mais metais
Halogenetos	Cl <sup>-</sup> , Br <sup>-</sup> , F <sup>-</sup> e I <sup>-</sup>
Carbonatos	(CO <sub>3</sub> ) <sup>2-</sup>
Nitratos	(NO <sub>3</sub> ) <sup>-</sup>
Iodatos	(IO <sub>3</sub> ) <sup>-</sup>
Boratos	(BO <sub>3</sub> ) <sup>3-</sup>
Sulfatos	(SO <sub>4</sub> ) <sup>2-</sup>
Selenatos e teluratos; selenitos e teluritos	(SeO <sub>4</sub> ) <sup>2-</sup> , (TeO <sub>4</sub> ) <sup>2-</sup> , (SeO <sub>3</sub> ) <sup>2-</sup> , (TeO <sub>3</sub> ) <sup>2-</sup>
Cromatos	(CrO <sub>4</sub> ) <sup>2-</sup>
Fosfatos, arsenatos e vanadatos	(PO <sub>4</sub> ) <sup>3-</sup> , (AsO <sub>4</sub> ) <sup>3-</sup> , (VO <sub>4</sub> ) <sup>3-</sup>
Antimonatos, antimonitos e arsenitos	(Sb <sub>2</sub> O <sub>6</sub> ) <sup>2-</sup> , (SbO <sub>3</sub> ) <sup>-</sup> , (AsO <sub>3</sub> ) <sup>-</sup>
Oxissais de vanádio	(VO <sub>3</sub> ) <sup>2-</sup> (proporções variáveis)
Molibdatos e tungstatos	(MoO <sub>4</sub> ) <sup>2-</sup> , (WO <sub>4</sub> ) <sup>2-</sup>
Sais de ácidos orgânicos	Combinação de C, O, H, N, S, etc.
Nesossilicatos	(SiO <sub>4</sub> ) <sup>4-</sup> (tetraedros isolados)
Sorossilicatos	(Si <sub>2</sub> O <sub>7</sub> ) <sup>6-</sup> (duplas de tetraedros isolados)
Ciclossilicatos	(Si <sub>3</sub> O <sub>9</sub> ) <sup>6-</sup> , (Si <sub>4</sub> O <sub>12</sub> ) <sup>8-</sup> e (Si <sub>6</sub> O <sub>18</sub> ) <sup>12-</sup> (anéis de tetraedros)
Inossilicatos	(Si <sub>2</sub> O <sub>6</sub> ) <sup>4-</sup> e (Si <sub>4</sub> O <sub>11</sub> ) <sup>6-</sup> (tetraedros em cadeias, simples ou dupla)
Filossilicatos	(Si <sub>4</sub> O <sub>10</sub> ) <sup>4-</sup> , (AlSi <sub>3</sub> O <sub>10</sub> ) <sup>5-</sup> ou (Al <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>10</sub> ) <sup>6-</sup> (tetraedros em folhas)
Tectossilicatos	(SiO <sub>4</sub> ) <sup>0</sup> (rede tridimensional)

a classe do mineral; na sequência, a primeira letra representa a divisão e é seguida pela segunda letra, que representa a subdivisão. Os dois últimos algarismos representam o grupo ou a espécie mineral. Veja o exemplo a seguir, com o mineral esfalerita, número 2.CB.05:

2.	C	B.	05
Classe dos sulfetos e sulfossais	Metal:Sulfetos, M:S=1:1	Com Zn, Fe, Cu, Ag	Grupo da esfalerita

A Tabela 3 ilustra as classes minerais segundo a classificação de Strunz e Nickel (2001) na nona edição da Tabela Mineralógica.

### Classificação petrográfica

Assim como os minerais, as rochas apresentam uma organização museológica, geralmente baseada em sua tipologia. Essa tipologia está relacionada ao seu ambiente de formação e às maneiras como ela pode ocorrer.

Os três tipos primários de rochas, diferente dos minerais, são estudados ainda no Ensino Fundamental II, no currículo de Geografia. São eles:

- Rochas ígneas ou magmáticas: formadas a partir do resfriamento do magma, no interior (magmáticas intrusivas ou plutônicas) ou no exterior da superfície terrestre (magmáticas extrusivas ou vulcânicas);
- Rochas sedimentares: formadas a partir de fragmentos resultantes do intemperismo sofrido pelas massas rochosas previamente existentes na crosta ou pela precipitação de íons em solução;
- Rochas metamórficas: formadas pela recristalização dos minerais presentes nas rochas ígneas, sedimentares ou mesmo metamórficas, devido à ação da pressão e temperatura.

**Tabela 3.** Classificação mineralógica de Strunz e Nickel (2001).

Classe mineral	Composição química
1 – Elementos	Metais e ligas intermetálicas, metaloides e não metais, carbetos, silicetos, nitretos e fosfetos
2 – Sulfetos e sulfossais	Sulfetos, selenetos, teluretos, arsenietos, antimonietos, bismutetos, sulfoarsenietos etc.
3 – Haletos	Ligações entre íons halogêneos (Cl <sup>-</sup> , Br <sup>-</sup> , F <sup>-</sup> , I <sup>-</sup> ) e metais ou metaloides, hidratados ou não, com O e OH
4 – Óxidos	Óxidos, hidróxidos, vanadatos, arseniatos, antimoniato, sulfitos, selenatos, teluratos, iodatos etc.
5 – Carbonatos	CO <sub>3</sub> ou NO <sub>3</sub> , com ou sem ânions adicionais, hidratados ou não
6 – Boratos	Triângulos de BO <sub>3</sub> , com ou sem ânions adicionais, hidratados ou não
7 – Sulfatos	Tetraedros de SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , SeO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , TeO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , CrO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , MoO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , WO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , hidratados ou não, com ou sem ânions adicionais
8 – Fosfatos, arseniato, vanadatos	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> , AsO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> e VO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> com ou sem ânions complementares, hidratados ou não
9 – Silicatos	Tetraedros de SiO <sub>4</sub> <sup>4-</sup>
10 – Compostos orgânicos	Sais de ácidos orgânicos, hidrocarbonetos e outros

A maioria dos museus que possui acervos petrográficos expostos os organiza de acordo com a divisão nos três tipos de rochas, geralmente enfatizando o ambiente de formação de cada uma ou, na maioria das vezes, apenas expondo os exemplares pertencentes a cada grupo (o que torna a exposição incompreensível e desestimulante). Um exemplo desse tipo de exposição é a coleção de rochas do Museu de Geociências da USP (Figura 5A). No entanto, é possível utilizar a classificação petrográfica científica e promover exposições atraentes.

Um exemplo de exposição petrográfica não científica (ou seja, não classificada com os critérios citados anteriormente) pode ser vista no Museu de História Natural de Londres (Figura 5B). Trata-se de uma exposição de rochas associadas a monumentos de renome internacional, como as rochas que formam Stonehenge (Figura 5C), as rochas utilizadas na construção das pirâmides do Egito, entre outras. Outro exemplo é no Museu Nacional de História Natural do Instituto Smithsonian, na exposição de rochas utilizadas nos monumentos da cidade de Washington (Figura 5D).

Esses são apenas alguns dos muitos exemplos que poderiam ser citados para ilustrar a diversidade de possibilidades de exposições de minerais e rochas. Espera-se, com isso, contribuir para a discussão acerca de exposições mineralógicas e petrográficas, tema tão insuficientemente abordado na Museologia brasileira.

### Museus parâmetro

Devido à ausência de bibliografias especializadas sobre exposições geológicas, mais especificamente mineralógicas, utiliza-se neste trabalho um método de comparação.

Os museus escolhidos para fins de comparação são chamados aqui de “museus parâmetro”, uma vez que servem de parâmetro norteador para análise da exposição e curadoria do Museu de Geociências da USP. O critério base para escolha

dessas instituições é a tipologia das coleções. No entanto, outros critérios foram relevantes, como se observa a seguir:

- Museus de grande porte: algumas instituições, por serem de grande porte, possuem maior aporte financeiro para lidar com a coleção, dando um parâmetro do que deveria ser o universo ideal das coleções geológicas. Muitas das publicações da área são de autoria de *experts* dessas instituições. Encaixam-se nessa categoria: Museu Nacional de História Natural do Instituto Smithsonian (Washington), Museu Americano de História Natural (Nova York), Museu de História Natural de Londres, *Oxford University Natural History Museum*/Museu de História Natural da Universidade de Oxford, *Musée de Minéralogie Mines ParisTech*/Museu de Mineralogia da Escola de Minas de Paris, *Naturhistorisches Museum Wien*/Museu de História Natural de Viena e *Museum für Naturkunde*/Museu de História Natural (Berlim);
- Museus universitários: esses museus foram escolhidos por possuírem o mesmo status jurídico do Museu de Geociências da

USP, ou seja, estarem sob tutela de universidades públicas. Aqui se encaixam: Museu de Minerais e Rochas Professor Heinz Ebert (UNESP), Museu da Geodiversidade, da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Museu Nacional (UFRJ), Museu de Ciência e Técnica da Escola de Minas, da Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP), Museu de Geociências, da Universidade Federal do Pará (UFPA), Museu Nacional de História Natural e da Ciência (Universidade de Lisboa), *Mineralogisches Museum Mineralogisches Museum (Universität Hamburg)*/Museu Mineralógico (Universidade de Hamburgo), *Mineralogisches Sammlungen (Technische Universität Berlin)*/Coleção de Mineralogia (Universidade Técnica de Berlim), *Mineralogisches Museum (Philipps-Universität Marburg)*/Museu Mineralógico (Universidade de Marburg), *Mineralogisches Museum (Universität Würzburg)*/Museu Mineralógico (Universidade de Würzburg), *Mineralogisches Sammlungen (Institut für Geowissenschaften, Universität Jena)*/Coleção de Mineralogia (Instituto de



**Figura 5.** Exposição de rochas. (A) exposição científica de rochas no Museu de Geociências da Universidade de São Paulo; (B) vista geral de uma das exposições de rochas no London Natural History Museum. Nela está presente a classificação científica das rochas em seus três tipos, de maneira sedutora e didática; (C) exposição de rochas no London Natural History Museum sem a classificação científica usual. Escolheu-se mostrar as rochas atreladas a grandes monumentos da humanidade, relacionando Geologia e História. Pode ser considerada uma exposição interativa, uma vez que trabalha com o conhecimento prévio do visitante; (D) exposição de rochas no London Natural History Museum onde o destaque é para as rochas que compõem as construções famosas de Washington.

Ciências da Terra da Universidade de Jena), *Geoscientific Collections (TU Bergakademie Freiberg)*/ Coleção Geocientífica (Universidade de Tecnologia, Academia de Minas de Freiberg), *Mineralogisches Staatssammlung (München)*/Coleção Mineralógica do Estado de Munique, *Mineralogisches Museum am Steinmann (Institut der Universität Bonn)*/Museu Mineralógico de Steinmann (Instituto da Universidade de Bonn), *Collection de Minéraux de l'Université Pierre et Marie Curie*/Coleção de Mineralogia da Universidade Pierre e Marie Curie (Paris);

- Acervo: alguns museus têm o próprio acervo como razão da visita, seja pelo fato de sua especificidade, seja pela sua fama. Encontram-se nessa categoria o Museu de Ciências da Terra, do Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) (Rio de Janeiro), cujo acervo é um dos mais famosos do país em termos de raridade e variedade mineralógica, além de ser um acervo histórico que remonta ao início do século XX; o Museu das Minas e do Metal (Belo Horizonte), apresentando os principais minerais de Minas Gerais e a história da mineração; o Museu Geológico da Bahia (Salvador), destacando as rochas ornamentais baianas; o Terra Mineralia (Freiberg), por ser uma das coleções privadas mais famosas do mundo, pela raridade e beleza dos exemplares; o *Ries Krater Museum*/Museu da Cratera de Ries (Nördlingen - Alemanha), por ser um museu específico sobre meteoritos; o *Deutsches Edelsteinmuseum*/Museu Alemão de Gemas (Idar-Oberstein), por ser um acervo especializado em minerais-gema; o Museu Andres del Castillo (Lima), especializado em minerais do Peru; e o *Haus der Natur*/Casa da Natureza (Museu de História Natural de Salzburgo), apresentando a diversidade geológica da região de Salzburgo.

Os museus da Alemanha foram visitados por ocasião de saídas de campo pré e pós a *7<sup>th</sup> International Conference on Mineralogy and Museums*, ocorrido na cidade de Dresden em agosto de 2012. Algumas das informações apresentadas aqui foram retiradas do guia de excursão, que por sua vez foram fornecidas pelos responsáveis dos respectivos museus (Thalheim e Schlüter, 2012).

Os museus visitados estão descritos, sucintamente, a seguir, de acordo com suas nacionalidades.

Todas as informações apresentadas aqui são frutos das observações das autoras, de informações obtidas com os responsáveis dos museus, *folders* e *sites* dos museus.

### Alemanha

#### Museum für Naturkun de Berlin

Os primórdios do Museu de História Natural de Berlim ([www.naturkundemuseum-berlin.de](http://www.naturkundemuseum-berlin.de)) remontam a 1781 com a

fundação do Real Gabinete Mineral pelo imperador da Prússia Frederico II. Com a fundação da Universidade de Berlim *Unter den Linden* em 1810, o Real Gabiente, acrescido de outras coleções, foi incorporado à universidade, instalado no edifício principal. Atualmente, o Museu de História Natural de Berlim, inaugurado oficialmente em 1889 e separado da Universidade em 2009, possui uma grande coleção de minerais, dos quais muitos estão expostos de acordo com a classificação de Strunz de maneira científica.

Nos 200 anos de história ocorreram várias alterações: mudança de edifício, destruição de uma das alas na II Guerra Mundial, reorganização das coleções. O museu é referência nas áreas de Zoologia, Paleontologia e Mineralogia, ocupando uma área de 7 mil m<sup>2</sup> e recebe 500 mil visitantes por ano.

A exposição mineralógica, de caráter clássico, não é atrativa ao público leigo, pois se caracteriza por uma exposição científica, em mobiliário antigo, sem recursos que chamem a atenção do público geral (Figura 6A), porém, é perfeita para pesquisadores da área.

Não há cuidados de conservação na exposição e nem na reserva técnica. Ambos os ambientes recebem iluminação natural. A exposição também não é acessível, uma vez que as vitrinas são muito altas (Figura 6B).

Já no que concerne aos meteoritos, a reserva técnica possui *dry boxes* (armários de vidro vedados e especialmente confeccionados para serem climatizados e desumidificados com sílica gel) para as amostras metálicas. A temperatura e a umidade relativa do ar (UR) são visualizadas por fora do armário, a UR variando sempre entre 30 e 50%. A coleção conta com 6 mil meteoritos e é o principal foco de pesquisa na área de Mineralogia.

A reserva técnica de minerais está organizada nos mesmos mobiliários da exposição, disposta de acordo com a classificação Strunz e pode ser entendida como uma exposição que não é aberta ao público, uma vez que as vitrinas permitem a visualização dos minerais da mesma maneira que a exposição (Figuras 6C e 6D).

Esse museu possui o maior esqueleto de dinossauro montado do mundo: *Brachiosaurus brancai* e também o pássaro *Archaeopteryx lithographica*.

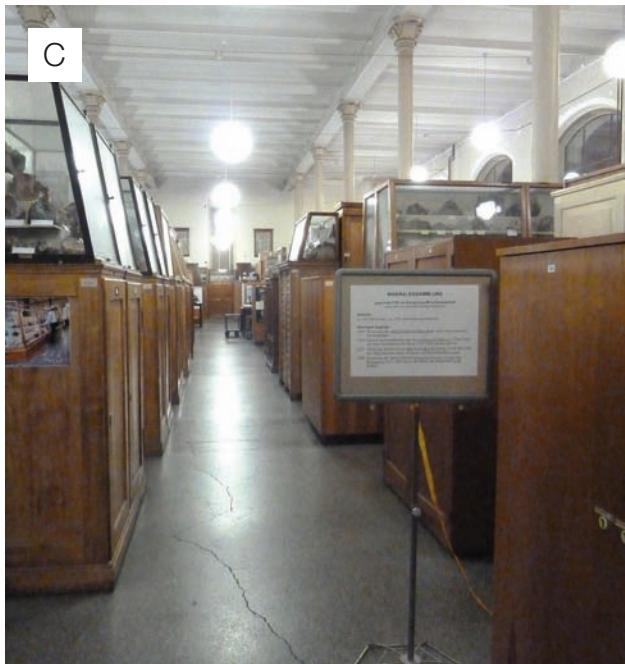
#### Mineralogisches Sammlungen, Technische Universität Berlin

A coleção de mineralogia da Universidade Técnica de Berlim ([www.mineralogische-sammlungen.de](http://www.mineralogische-sammlungen.de)) havia sido recém instalada em seu espaço atual e não estava oficialmente inaugurada na ocasião da visita técnica (25 de agosto de 2012), motivo pelo qual não se pode dizer qual público predomina como visitante. A coleção tem uma história de mais de 230 anos e figura entre as 5 maiores e mais importantes coleções mineralógicas da Alemanha. Após a II

Guerra Mundial, a coleção foi trazida para o prédio atual e foi organizada pelo então professor Hugo Strunz.

A exposição possui belos exemplares, dispostos de forma eficaz, e com pouco espaço expositivo: as vitrinas centrais foram contempladas com as amostras mais bonitas, de modo a atrair o olhar do visitante leigo; no entorno dessas vitrinas estão outras mais antigas, organizadas

sequencialmente de acordo com a sistemática de Strunz (Figuras 7A e 7B). Outra solução para a questão da falta de espaço foi a colocação da reserva técnica no mesmo móvel onde estão expostos os minerais (Figura 7C). Em gavetas, na parte debaixo do armário, as amostras são cuidadosamente acomodadas em caixas de acordo com seu tamanho, sendo que as mais frágeis recebem um acolchoamento.



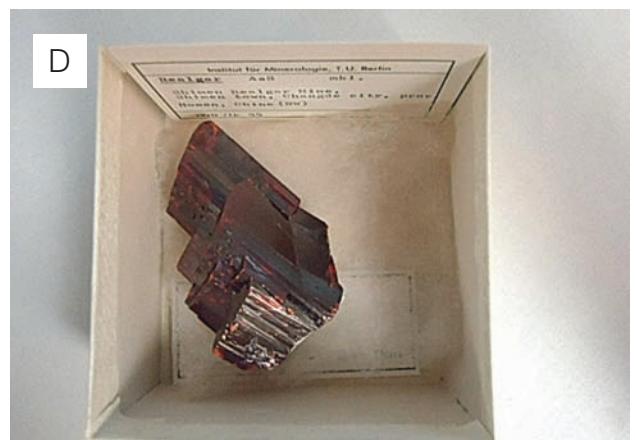
**Figura 6.** Museum für Naturkunde Berlin. (A) vista geral da exposição de mineralogia; (B) exposição inacessível a cadeirantes e pessoas de baixa estatura; (C) vista geral da reserva técnica de minerais; (D) detalhe do acondicionamento de amostras no interior dos armários da reserva técnica. Nota-se o mesmo mobiliário da Figura 6B.

Todas as etiquetas que acompanharam a vida do mineral, desde sua entrada na coleção, estão alocadas junto ao espécime (Figura 7D).

Os armários possuem fechamento lateral que protege as amostras contra poeira, aumentando os intervalos de limpeza

da vitrina, e é de fácil manejo. Um forro plástico em forma de treliça protege as amostras contra a ação direta dos raios luminosos (Figura 7E), mas não evita alterações de cor.

Um destaque é a exposição de minerais fluorescentes que estava sendo organizada na ocasião da visita. Uma vitrina



**Figura 7.** Mineralogisches Sammlungen, Technische Universität Berlin. (A) vitrina de exposição central, com os minerais mais bonitos. Nota-se perto da janela um armário menor: é a exposição sistemática; (B) visão geral da exposição; (C) reserva técnica na parte de baixo da vitrina central; (D) cristal de realgar armazenado na reserva técnica. Nota-se um acolchoamento para a proteção do cristal; (E) aspecto do forro que separa a lâmpada das amostras; (F) exposição de minerais fluorescentes com luz ultravioleta, vitrina coberta com cortina *blackout*.

comum, no mesmo espaço expositivo, foi coberta com um tipo de cortina *blackout*, com uma janela para a observação do fenômeno (Figura 7F). Boa solução de curadoria para otimização do espaço disponível e dos recursos financeiros.

#### Mineralogisches Museum, Universität Hamburg

Originalmente, o Museu Mineralógico ([www.museen.uni-hamburg.de/mineralogie](http://www.museen.uni-hamburg.de/mineralogie)) (Figura 8A) era uma seção do Museu de História Natural, que foi fundado em 1843. Atualmente, o museu pertence à Universidade de Hamburgo. Em 1958 a coleção foi transferida para o atual edifício e a exibição pública começou em 1969. A configuração atual é a mesma dos anos 1960, quando foi concebido.

A exposição ocupa uma área de 450 m<sup>2</sup>. É o único museu alemão visitado que classifica os minerais segundo a sistemática de Dana, e não de Strunz. Diferente dos outros museus com classificação sistemática, esse apresenta, em média, 20 amostras em cada vitrina, o que facilita a visualização do visitante leigo.

Se por um lado as amostras estão bem apresentadas, por outro o sistema de legendas não é eficaz. As amostras recebem uma numeração e a legenda é colocada no vidro da vitrina, fazendo o visitante deslocar o olhar da amostra para procurar a legenda (Figura 8B). Esse processo faz com que o espectador se desestimule, uma vez que o acesso à informação não está fácil de identificar.

As amostras não possuem numeração da coleção, apenas número de exposição na vitrina, o que dificulta o processo de pesquisa, uma vez que o cientista deve referenciar a amostra com seu número e o da vitrina em que está, e não com um número único da amostra. A probabilidade de erro ao referenciar a amostra é grande. Apesar disso, o número de amostras por vitrina é adequado ao espaço disponível (Figura 8C), sendo, em média, 20 amostras por vitrina.

No tocante à conservação de amostras, não há adoção de procedimentos específicos. O ambiente é livre de iluminação natural por meio de cortinas tipo *blackout* nas janelas. Ponto positivo é a iluminação das vitrinas, cujas lâmpadas fluorescentes ficam protegidas em um tipo de caixote isolado das amostras (Figura 8D). Assim, os minerais ficam livres das radiações luminosas diretas das lâmpadas e do calor produzido por elas. Esse isolamento das lâmpadas no caixote ilustrado parece ser um procedimento capaz de impedir a alteração de cores. Um exemplo é uma amostra de crocoíta, preservando ainda a cor laranja (Figura 8E). Destaca-se que a reposição de lâmpadas é facilitada, pois não há necessidade de deslocamento das amostras para a troca.

O destaque da exposição é o agregado de cristais de estibinita, oriundo do Japão (Figura 8F).

A coleção de meteoritos iniciou-se em 1863 e exibe o maior e mais pesado meteorito exposto da Alemanha, com

424 kg, proveniente da área de Gibeon (Namíbia). Até 2012, o museu contava com 927 meteoritos. Os espécimes expostos apresentam suportes bem dimensionados (Figura 8G).

#### Mineralogisches Museum, Philipps-Universität Marburg

A coleção do Museu Mineralógico ([www.uni-marburg.de/fb19/minmus](http://www.uni-marburg.de/fb19/minmus)) foi iniciada em 1790 por iniciativa do professor de matemática da Universidade, Johann Gottlieb Waldin. Entre 1850 e 1915 a coleção foi acrescida de outros exemplares, principalmente, doados pelo professor Girard e pelo maior gemólogo do período, Professor Max Bauer. O museu possui uma exposição bonita, agradável ao olhar e bem distribuída. No entanto, são três andares de exposição, o que a torna não acessível para todos os públicos, pois se situa num edifício antigo fundado em 1515 (Figura 9A), portanto, sem elevador. Em 1917 começou a abrigar a coleção mineralógica, no entanto, os dois primeiros andares da exposição só foram abertos ao público em 1977, por ocasião da comemoração dos 450 anos da universidade, e o terceiro andar, em 1984. Atualmente, a coleção possui 2.300 exemplares expostos, e em reserva técnica, 50 mil exemplares de minerais, 40 mil de rochas e cerca de 200 meteoritos.

A exposição está organizada de acordo com a sistemática de Strunz (Figuras 9B e 9C) e reserva um espaço só para os minerais do Rio Grande do Sul (Figura 9D).

A exposição é livre de iluminação natural e as amostras são iluminadas com o mesmo sistema de treliças do salão de minerais da Universidade Técnica de Berlim (Figura 9E). No Museu de Marburg há também um vidro separando a lâmpada da treliça, fator que mantém o calor longe dos minerais. Os suportes das amostras são de acrílico, simples e adequados à dimensão do mineral (Figura 9F).

Não há cuidados especiais com amostras sensíveis à umidade, assim como nos museus alemães apresentados anteriormente.

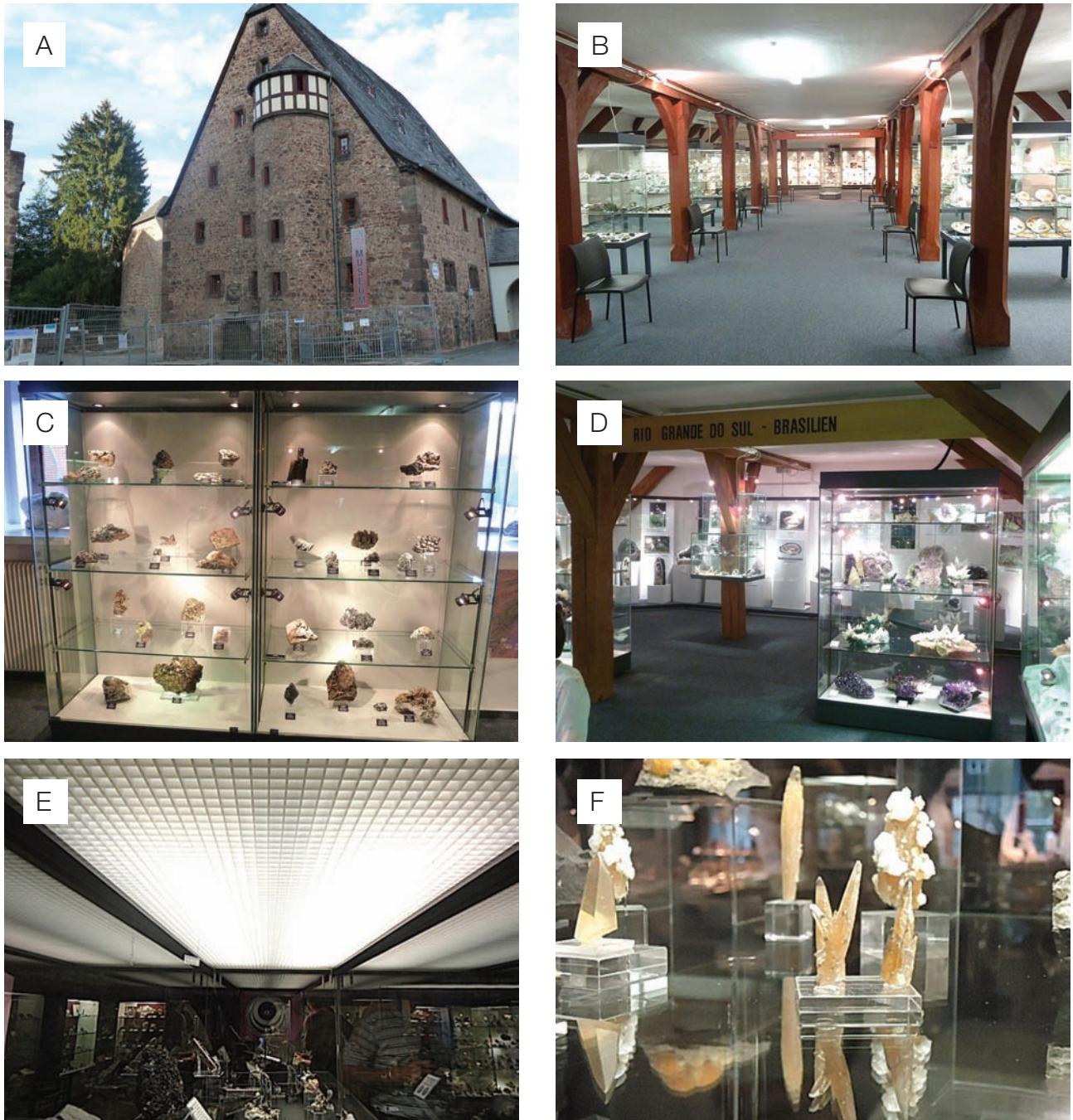
#### Mineralogisches Sammlungen, Institut für Geowissenschaften, Universität Jena

A cidade de Jena é conhecida pelo planetário mais antigo do mundo, aberto em 1926.

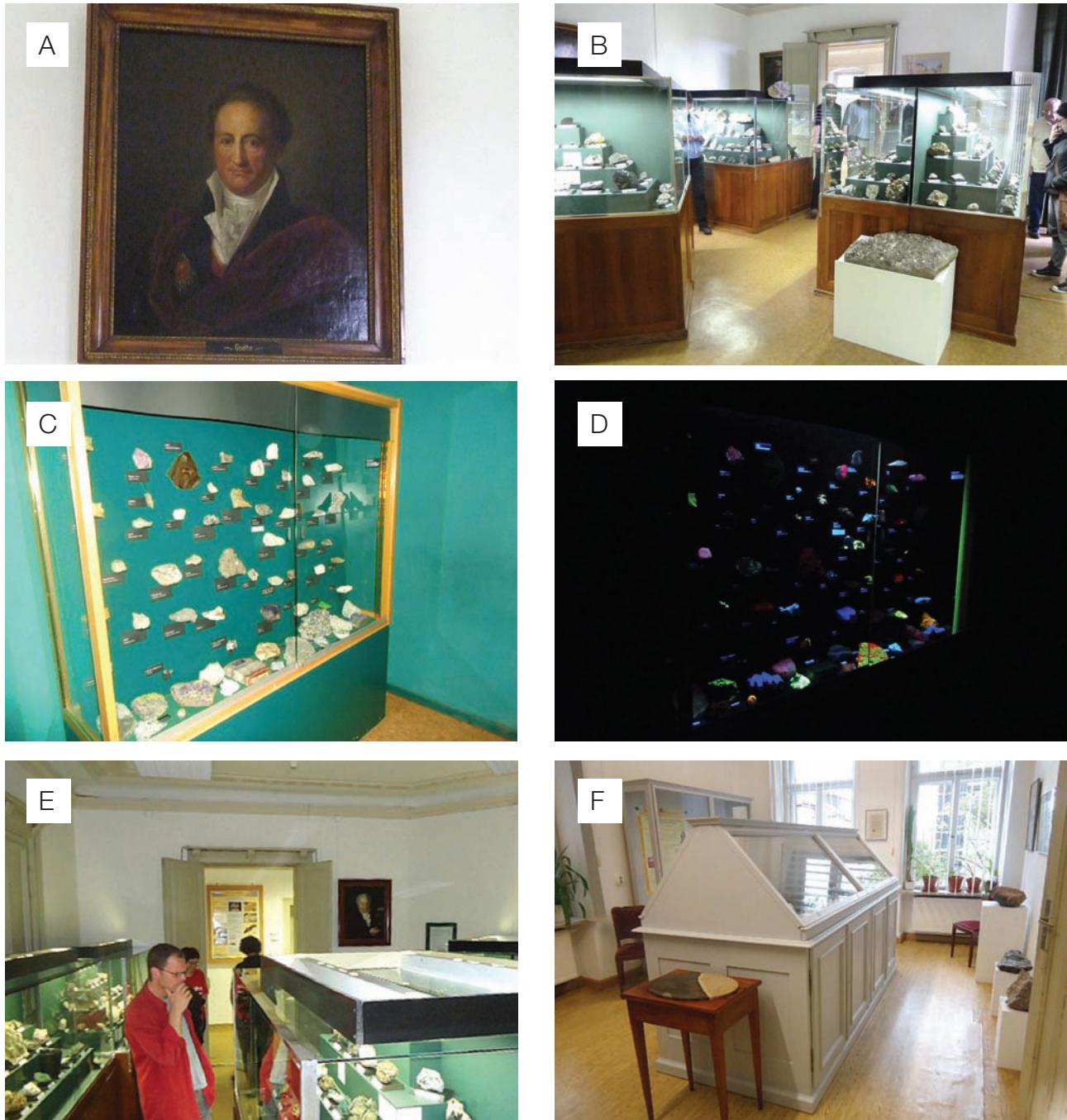
A coleção iniciou-se em 1779 e teve grande apoio do poeta Johann Wolfgang von Goethe (Figura 10A). A Coleção de Mineralogia do Instituto de Ciências da Terra da Universidade de Jena ([www.uni-jena.de/Mineralogische\\_Sammlung.html](http://www.uni-jena.de/Mineralogische_Sammlung.html)) tornou-se museu público em 1989, e está dividida em cinco salas, abertas ao público, que cobrem cinco tópicos: história da coleção, minerais da região de Jena, meteoritos, mineralogia sistemática (organizada segundo a tabela de Strunz, Figura 10B) e minerais fluorescentes sob luz UV (Figuras 10C e 10D).



**Figura 8.** Museu de Mineralogia da Universidade de Hamburgo. (A) vista geral; (B) no canto superior esquerdo observam-se as legendas referentes aos números posicionados ao lado de cada exemplar. Nota-se o acúmulo de informações desconectadas do mineral, o que dificulta a visualização e compromete a compreensão por parte do visitante, tanto leigo quanto especializado; (C) aspecto da vitrina com poucas amostras, quantidade adequada ao espaço disponível, contribuindo para melhor apreciação do público; (D) caixote onde são embutidas as lâmpadas das vitrinas, que ficam separadas do material facilitando a manutenção e evitando a transmissão de calor para o mineral; (E) crocoïta alaranjada, indicando que a iluminação escolhida ajuda na preservação do mineral. A crocoïta escurece ou adquire tonalidade avermelhada devido à ação da luz; (F) agregado de cristais de estibinita com 63 cm de altura, oriundo do Japão. Fotografia: Gnab; (G) suportes feitos sob medida para os meteoritos, o que evita o tensionamento de qualquer área do material, evitando seu desgaste.



**Figura 9.** Mineralogisches Museum da Philipps-Universität de Marburg. (A) vista externa do edifício de 500 anos que abriga o museu; (B) vista geral da área expositiva; (C) aspecto de uma das vitrinas de exposição, com boa iluminação e quantidade de exemplares adequada; (D) área expositiva destinada aos minerais brasileiros do Rio Grande do Sul; (E) aspecto da treliça divisória entre a iluminação e as amostras; (F) suportes de acrílico simples e adequados ao tamanho do mineral causam bom efeito visual.



**Figura 10.** Mineralogisches Sammlungen, Institut für Geowissenschaften, Universität Jena. (A) pintura a óleo de Johann Wolfgang von Goethe (1749-1832) exposta no museu; (B) exposição geral da Coleção de Mineralogia; (C e D) sala de minerais fluorescentes; (E) vista da sala de exposição sistemática, a única privada de iluminação natural; (F) luz natural na exposição.

Não há cuidados especiais de conservação, apenas a sala de exibição sistemática de minerais é livre de iluminação natural (Figuras 10E e 10F) por questão de estética, e não de conservação. Os meteoritos ficam na vitrina sem proteção de qualquer tipo.

#### The Geoscientific collections, Technische Universität Bergakademie Freiberg

Com a descoberta da prata na região de Freiberg em 1168, a mineração se desenvolveu rapidamente e Freiberg se tornou o centro administrativo, econômico e científico da Saxônia.

A coleção geocientífica de Freiberg (<http://tu-freiberg.de/ze/geowsam/lsas/index.en.html>) está entre as dez mais antigas do mundo, criada em 1765, juntamente com a Academia de Minas. O foco principal do museu é ensino e pesquisa.

A Coleção de Mineralogia, uma das seis subdivisões do museu, está instalada no Instituto de Mineralogia, e está associada a grandes nomes da geologia, como Werner e Mohs. A coleção está organizada de acordo com a sistemática de Strunz e é uma exposição clássica (Figura 11). Nesse instituto estão também as coleções de rochas e de minérios.

#### Terra Mineralia, Technische Universität Bergakademie Freiberg

Terra Mineralia ([www.terra-mineralia.de](http://www.terra-mineralia.de)) foi o nome dado à exibição da coleção pessoal da Sra. Erika Pohl-Ströher no castelo Freudenstein, em Freiberg, a maior e mais antiga cidade de montanha da Alemanha. Essa coleção é considerada, internacionalmente, como a mais importante do mundo. Em 2004, a colecionadora doou seu acervo para a Fundação Pohl-Ströher, em caráter de empréstimo permanente. A escolha do local se deveu ao fato da doadora ser originária da Saxônia.

A Sra. Pohl-Ströher colecionou minerais da África, América, Ásia, Austrália e Europa durante 40 anos. Organizou sua coleção particular por proveniência das amostras, de acordo com os continentes de onde foram coletadas. Tal organização foi respeitada e reproduzida na exposição Terra Mineralia (Figura 12A).

Apesar da doação ter ocorrido em 2004, a exposição apenas foi aberta à visitação em 2008, devido à necessidade de se encontrar um espaço ideal para o acervo. O Castelo de Freudenstein foi o local escolhido e, após muitas intervenções para reabilitação do espaço, a exposição pôde ser inaugurada.

A construção do castelo data do século XII (1170-1175) e foi utilizado, primeiramente, pelo governo de Freiberg para a proteção das atividades de mineração e metalurgia. Sofreu várias intervenções ao longo dos séculos e teve seu uso redirecionado a funções variadas. No século XX foi utilizado pela República de Weimar, em 1945, como base

militar, e depois como silo, para depósito de milho. Em 1979 essa atividade cessou e começou a ser cogitado seu uso para fins culturais. Com a reunificação da Alemanha, em 1990, pensou-se na possibilidade de instalar no local um asilo para aposentados, mas a ideia não teve êxito. Apenas em 2003 o município de Freiberg entrou em acordo com o Governo da Saxônia e o Freudenstein foi direcionado a abrigar a coleção de minerais da Bergakademie e o Arquivo Saxão de Mineração.

Atualmente, são 3.500 minerais expostos, o que não representa a totalidade da coleção da Sra. Pohl-Ströher. As exposições são divididas por continentes, e dentro de cada sala há a divisão por países. As salas são todas ausentes de luz externa, não como cuidado de conservação, mas como ambientação e melhor visualização, com iluminação direcionada aos minerais (Figuras 12B a 12F). Não há cuidados específicos para a conservação da exposição. O intuito da exposição é fazer as pessoas se apaixonarem por minerais, que estão dispostos como se fossem obras de arte. As etiquetas são bastante sucintas, o que para o especialista poderia ser insuficiente.

Embora pertença a uma universidade, trata-se de um museu não científico, cujas exibições são destinadas a mostrar a beleza e variedade do mundo mineral aos mais diversos tipos de público. Apesar do público variado, a instituição tem uma política educacional voltada para crianças (Figuras 12G e 12H), por acreditar que é a partir delas que o interesse pela mineralogia será difundido num futuro próximo. A sala educacional está equipada com um microscópio eletrônico para as crianças manusearem. A exposição ocupa cinco andares, e apesar de se tratar de um edifício do século XII, há elevadores e empréstimo de cadeira de rodas. Há também um programa especial para não videntes, onde os minerais são apresentados pelo tato, cheiro e audição.

A reserva técnica foi cercada de alguns cuidados básicos, mas eficientes. É bem organizada, com mobiliário adequado (Figura 13A) e temperatura constante. As amostras são organizadas de acordo com os depósitos em que ocorrem. Os armários e as gavetas são numerados em ordem sequencial, desde o número 1, no armário 1, até a última gaveta no último armário. Tal procedimento evita a repetição dos números das gavetas, evitando que o pesquisador se confunda.

As gavetas são protegidas com uma tampa de acrílico, que possibilita a visualização das amostras sem a necessidade de destampar as gavetas (Figuras 13B a 13D), o que evita o manuseio desnecessário de amostras. Essa simples medida protege as amostras de poeira e variação de umidade do ar.

#### Mineralogisches Museum, Universität Würzburg

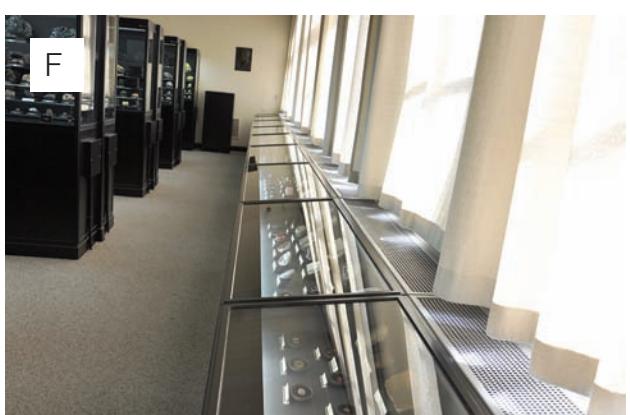
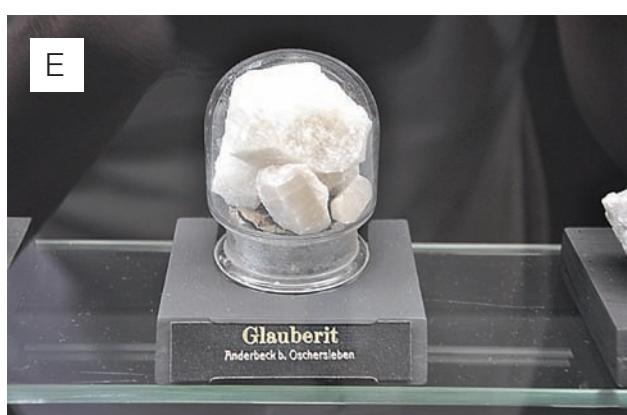
A cidade de Würzburg tem uma particularidade: é a terra natal de 13 vencedores do Prêmio Nobel, sendo um deles

Wilhelm Conrad Roentgen, na área da Física pela descoberta dos raios X em 1901.

O primeiro registro sobre a coleção mineralógica data de 1791, tendo sido em 1803 o recebimento da primeira doação relevante. O bombardeamento da II Guerra Mundial em Würzburg acarretou muitos danos à coleção, o que fez

com que ela ficasse inacessível ao público até 1978, quando foi inaugurado o novo Museu de Mineralogia ([www.mineralogisches-museum.uni-wuerzburg.de](http://www.mineralogisches-museum.uni-wuerzburg.de)), com 490 m<sup>2</sup> de área de exposição.

O Museu Mineralógico da Universidade de Würzburg é dedicado ao ensino e à pesquisa científica, por isso sua



**Figura 11.** The Geoscientific collections, Technische Universität Bergakademie Freiberg. (A) entrada para a Coleção de Rochas; (B) exposição da Coleção de Rochas; (C) escala de Mohs; (D) exposição de carbonatos; (E) recipiente para controle de umidade para sulfatos. Notar etiqueta com apenas nome e procedência; (F) cortina barra luminosidade externa nas vitrinas laterais. Fotografias: Lauro K. Dehira.



**Figura 12.** Terra Mineralia, Technische Universität Bergakademie Freiberg. (A) aspecto da entrada de uma das salas de exposição. Nota-se apenas a utilização da identidade visual para explicar o conteúdo da mostra, além dos minerais separados por continentes; (B) vista geral de uma das salas de exposição; (C) vista de cima de uma das salas de exposição: experiência contemplativa; (D) detalhe da janela do castelo, especialmente escurecida para eliminar a interferência da luz externa; (E) detalhe da iluminação direcionada à amostra por fibra óptica; (F) área da exposição alocada onde outrora esteve a cozinha do castelo. As diferenças de coloração no teto são herança da fuligem dos fogões a lenha; (G) um dos recursos didáticos para crianças: no meio da exposição uma câmara produz a sensação tridimensional de estar no interior de uma estrutura cristalina reproduzida com efeito caledoscópico a partir de uma cela unitária; (H) microscópio eletrônico para as crianças manusearem.



**Figura 13.** Terra Mineralia. (A) vista geral da reserva técnica; (B) puxador em tecido evita o contato das mãos com o acrílico, sem gasto de tempo com a limpeza da tampa; (C) cobertura de acrílico com puxador em tecido auxilia a conservação, protegendo as amostras da ação de poeira e da variação de umidade relativa, além de evitar o manuseio de muitas amostras apenas para a localização de um mineral; (D) detalhe do armazenamento de amostras nas gavetas. As amostras mantêm as etiquetas originais e as do museu.

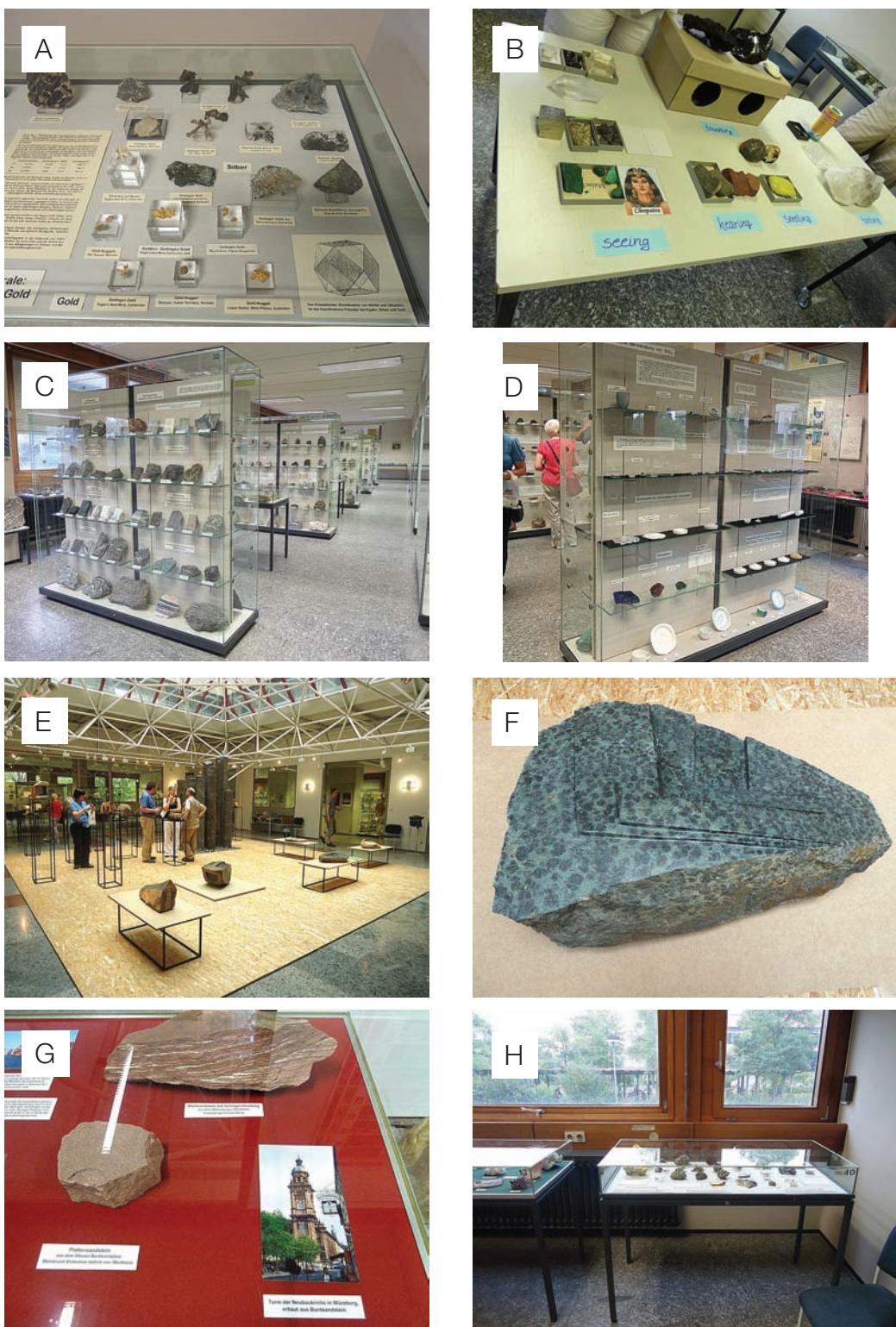
exposição é voltada para pesquisadores (classificação sistemática de Strunz) e estudantes em geral (Figura 14A). À exceção de atividades didáticas direcionadas ao público infantil (Figura 14B), com mediação, a exposição não é atrativa para o público leigo. Não há apelos visuais, a iluminação comum não destaca nenhuma peça em especial e as etiquetas são escritas em letras pequenas, que logo cansam a vista do espectador (Figuras 14C e 14D). Uma área que merece ênfase é o espaço destinado às exposições temporárias (Figura 14E). Trata-se de um espaço pequeno, porém bem demarcado e bem iluminado, com teto de pirâmide de vidro, que difere do restante do museu.

No momento da visita técnica para a elaboração deste trabalho havia uma exposição sobre eclogitos (Figura 14F). As esculturas dessa rocha, tão rara, podiam ser adquiridas

pelo visitante. A título de exemplo, uma escultura com 50x20x30 cm custava €7.000.

Destaca-se ainda a didática utilizada na exposição de rochas. Os exemplares expostos são localizados em um mapa e o exemplar da rocha é exposto em conjunto com uma fotografia de monumento construído com o exemplar em questão. Mesmo recurso utilizado por grandes museus e ilustrado na Figura 14G, contudo, sem recursos visuais rebuscados e de alto custo. É importante ressaltar que nem sempre há orçamento para realização de grandes exposições; todavia, um conceito bem explorado, mesmo que em uma vitrina antiga e sem atrativos, é capaz de cativar o visitante.

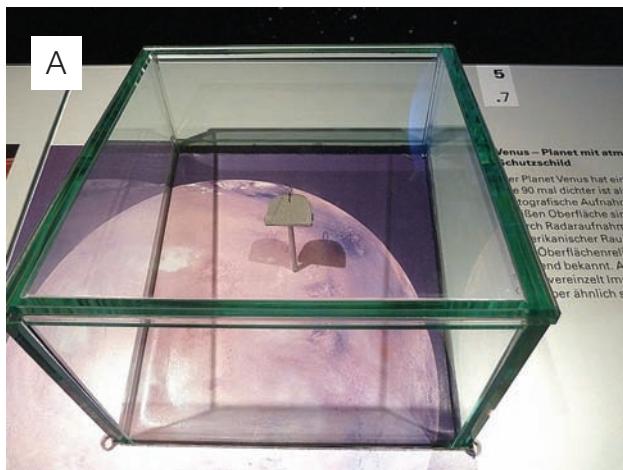
Também não se encontra nesse museu preocupação com questões de conservação. Muitas amostras estão expostas embaixo da janela, sob ação constante da luz natural (Figura 14H).



**Figura 14.** Mineralogisches Museum, Universität Würzburg. (A) vitrina com apresentação científica clássica; (B) recurso didático utilizando os minerais para demonstração dos sentidos; (C) vista geral da coleção de rochas; (D) vitrina didática sobre o uso de minerais sem atrativos visuais e legendas com letras miúdas, que dificultam a leitura; (E) espaço simples, porém bem demarcado, para exposições temporárias do museu. Neste caso, esculturas feitas com eclogito; (F) detalhe de uma das esculturas de eclogito; (G) vitrina com exposição de rochas e fotografia dos monumentos construídos com elas; (H) amostras expostas sob luz natural direta.

## Ries Krater Museum Nördlingen

O Museu da Cratera de Ries (*Rieskrater*) ([www.noerdingen.de/Noerdingen-entdecken/Rieskratermuseum-Stadtmuseum-Stadtmauermuseum-Bayerisches-Eisenbahnmuseum-Museum-augenblick/Meteoriteneinschlag-Krater-Rieskrater](http://www.noerdingen.de/Noerdingen-entdecken/Rieskratermuseum-Stadtmuseum-Stadtmauermuseum-Bayerisches-Eisenbahnmuseum-Museum-augenblick/Meteoriteneinschlag-Krater-Rieskrater)) faz parte do Geoparque Nacional de Ries, uma das mais importantes crateras de impacto de meteorito do mundo, com 25 km de diâmetro, formada há, aproximadamente, 15 milhões de anos. O museu, inaugurado em 1990, está localizado em uma construção medieval na cidade de Nördlingen e abriga, além de meteoritos, amostras de Marte e da Lua (Figura 15A). A exposição tem feições modernas (Figura 15B) e interativas (Figura 15C), dando um contraste interessante com a construção antiga. No tocante à conservação, algumas amostras especiais, como a da Figura 15A, são exibidas em redomas, mas não há preocupação com umidade ou temperatura na exposição (Figura 15D).



A exposição é dividida em seis salas. A sala A fala sobre a geografia e a geomorfologia da área de Ries. A sala B aponta os aspectos cósmicos da cratera de Ries e outras estruturas de impacto do sistema solar. A sala C explica a geologia da região antes do impacto. A sala D mostra os efeitos do impacto a partir da observação da borda da cratera com apresentação multimídia. A sala E fala dos efeitos pós-impacto. A última sala aponta a importância dos processos de impacto na evolução da vida.

## Mineralogisches Staatssammlung München

A Coleção Mineralógica do Estado de Munique ([www.mineralogische-staatssammlung.de/index.php/en/](http://www.mineralogische-staatssammlung.de/index.php/en/)) está abrigada em uma instituição de pesquisa que pertence à Coleção de História Natural da Bavária e que tem por finalidade coletar, armazenar e pesquisar minerais. O Museu Império dos Cristais (*Museum Reich der Kristalle*) é a parte da coleção mineralógica



**Figura 15.** Ries Krater Museum Nördlingen. (A) amostra lunar em suporte confeccionado sob medida; (B) exposição utiliza interatividade para apresentar conceitos complexos sobre a origem dos meteoritos; (C) neste painel, o espectador tem a possibilidade de se aprofundar no assunto sem que a exposição seja exaustiva para todos; (D) meteoritos metálicos expostos sem qualquer tipo de proteção.

destinada à educação, cujos pontos fortes são minerais, com variadas formas cristalinas e minerais-gema.

A coleção é dividida em dois ambientes, sendo um mais científico, com claros propósitos didáticos (Figura 16A) e outro em ambiente especialmente escurecido, com amostras iluminadas diretamente, mais destinado à apreciação (Figura 16B).

Destaque para a pepita de ouro, que se acredita que seja a mais velha já extraída no Peru.

A reserva técnica é um local que propicia o armazenamento das amostras e também a pesquisa, o que não ocorre na maioria dos museus universitários. No mesmo espaço é feita a catalogação de amostras já guardadas e a pesquisa com as amostras que chegam. No interior dos armários deslizantes foram colocadas gavetas de madeira que não são encaixadas na estante (Figuras 16C e 16D). Se por um lado as gavetas deixam o mineral protegido contra queda,

por outro dificultam a visualização dos minerais que estão acondicionados na parte superior, já que a gaveta não tem apoio ao ser aberta. Os minerais grandes, que não podem ser acomodados em gavetas, ficam alocados na parte inferior do armário. Os minerais são separados por critério de origem, e não por espécie mineral, e o banco de dados é feito em Access. Não há controle de temperatura e umidade no ambiente da reserva técnica. As amostras de pirita que apresentam esfacelamento são simplesmente descartadas para não contaminar as demais.

#### Deutsches Edelsteinmuseum

Idar-Oberstein é a cidade da ágata e do jaspe, mas não há mais extração. Antigamente eram duas cidades, mas hoje estão integradas. O Museu Alemão de Gemas ([www.edelsteinmuseum.de](http://www.edelsteinmuseum.de)) é dedicado à apreciação de formas belas



**Figura 16.** Mineralogisches Staatssammlung München. (A) aspecto da área didático-científica; (B) área da exposição destinada à contemplação, sem caráter científico; (C) reserva técnica do museu onde se nota o espaço inferior sem gavetas para as amostras grandes; (D) exemplo de armazenamento de amostras nas gavetas da reserva técnica.

de minerais e de obras manuais feitas a partir de diversas variedades de quartzo. O museu possui uma área de exibição de minerais esculpidos, às vezes, com textura diferente do comum. Não há, nesse caso, quaisquer preocupações com disposição científica, numeração catalográfica ou organização sistemática. Os minerais são divididos por regiões que mais os produzem, como, por exemplo, as ágatas de Idar-Oberstein e do Brasil, que ocupam todo um ambiente no piso térreo (Figura 17).

Assim como em outros museus visitados, a ausência de informações em inglês e a dissociação entre amostra e legenda são pontos negativos (Figura 18A). Não há também nesse caso preocupação com a conservação; as amostras não recebem luz natural por questões estéticas, e não porque essa iluminação pode alterar a cor de alguns minerais. Muitos minerais estão sobre suportes inadequados, o que pode causar sua queda e consecutivo prejuízo estético (Figura 18B). É possível encontrar também conjuntos de gemas sem identificação, caso das gemas amarelas

da Figura 18C. O ambiente é próprio para a apreciação de admiradores de gemas, com iluminação direcionada dentro das vitrinas (Figura 18D).

Mineralogisches Museum am Steinmann, Institut der Universität Bonn

Localizada no castelo Poppelsdorfer, a coleção ([www.steinmann.uni-bonn.de/museen/mineralogisches-museum](http://www.steinmann.uni-bonn.de/museen/mineralogisches-museum)) é formada por aproximadamente 60 mil exemplares, entre minerais e minérios, 600 meteoritos e exemplares de rochas não contabilizados. As exibições estão divididas em 4 espaços, totalizando 400 m<sup>2</sup>, sendo o primeiro para minerais e sua classificação sistemática de acordo com Strunz (Figura 19A); o segundo para exposições temporárias de rochas e meteoritos (Figura 19B); o terceiro para minérios; e o quarto para minerais-gema e cristais sintéticos.

A exposição possui exemplares especiais, os quais não podem ser bem apreciados devido ao número excessivo de



**Figura 17.** Deutsches Edelsteinmuseum. (A) sala das ágatas. Acima da vitrina, várias lâminas do mesmo geodo; (B) exposição de malaquita e lápis-lazúli; (C) exposição de tanzanita; (D) lapidação com acabamento arredondado.

amostras em cada vitrina, e porque as legendas encontram-se impressas em acrílicos transparentes e, muitas vezes, não são vistas pelos visitantes (Figura 19C).

Um destaque da exposição é o olho-de-tigre encontrado na Austrália e o êxito de seu polimento (Figura 19D).

## Áustria

### Naturhistorisches Museum Wien

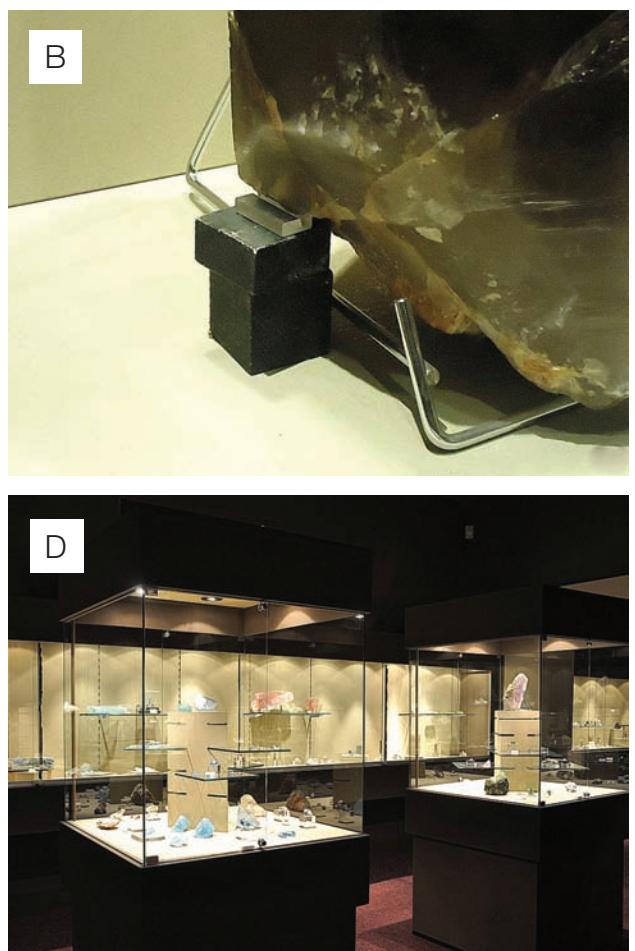
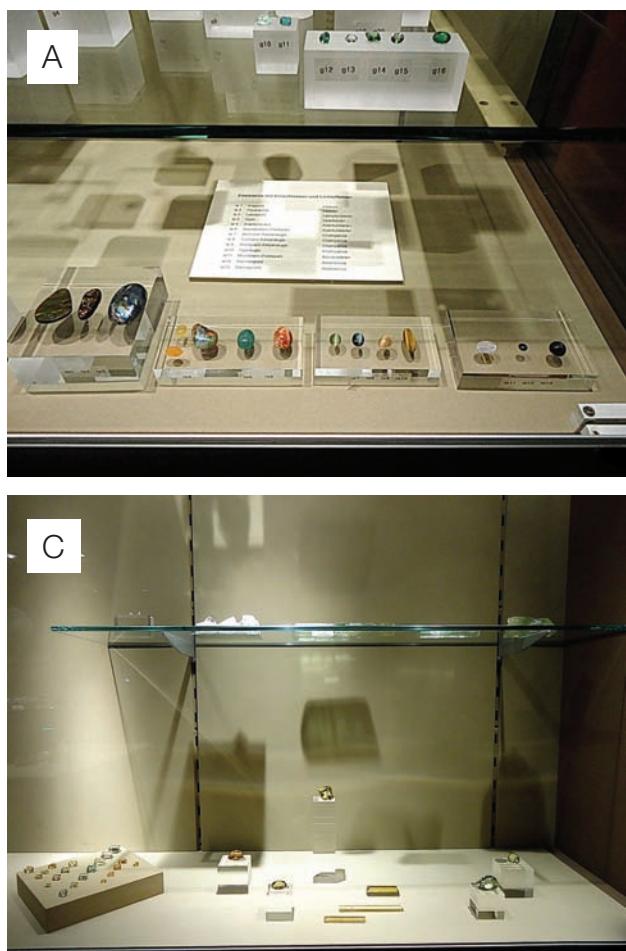
O Museu de História Natural de Viena ([www.nhm-wien.ac.at/en/museum](http://www.nhm-wien.ac.at/en/museum)) (Figura 20) foi fundado em 1750 pelo Imperador Franz I, é um dos maiores e mais velhos museus de história natural do mundo, constituindo uma das maiores instituições de pesquisa não universitária da Áustria. O prédio atual é

de 1889. A coleção tem cerca de 30 milhões de amostras e artefatos. Há objetos únicos no museu, como por exemplo a Venus de Willendorf de 25 mil anos. Abriga uma das maiores e mais antigas coleções de meteoritos do mundo, e essa ala foi completamente renovada e modernizada em 2012.

Há 39 galerias a serem visitadas, sendo 5 de minerais, gemas, rochas e meteoritos; 4 de história da Terra e 1 de dinossauros.

A coleção de minerais está organizada de acordo com a classificação de Strunz. Pinturas nas paredes das galerias ilustram várias minerações.

Na época da visitação havia uma exposição temporária sobre a proveniência dos nomes de minerais, por exemplo minerais que foram denominados com nomes de animais e vice-versa.



**Figura 18.** Deutsches Edelsteinmuseum. (A) grande quantidade de amostras pequenas e próximas dificulta a visualização. A distância das legendas causa desinteresse do público; (B) suporte improvisado para a amostra; (C) estas gemas amarelas, possivelmente heliodoro, não possuem qualquer identificação; (D) visão parcial da exposição, com destaque para as vitrinas centrais, com iluminação própria, que valoriza as amostras.

## Haus der Natur

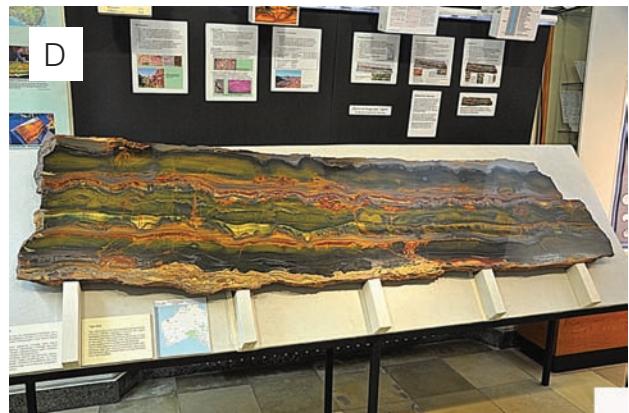
O Museu de História Natural de Salzburgo, conhecido como Casa da Natureza (*Haus der Natur*) ([www.hausdernatur.at](http://www.hausdernatur.at)), foi fundado em 1924. É um museu atípico, pois abriga uma grande coleção de aspectos da natureza, um Centro de Ciência, um aquário e um zoológico de répteis.

A coleção de minerais e rochas (Figura 21) é focada na diversidade geológica e nas minerações de Salzburgo (sal, ouro, arsênio e tungstênio). Há uma sala com cristais gigantes de quartzo. Minerais de todo o mundo também estão presentes na coleção. Na câmara do tesouro é exposta uma coleção de minerais gemológicos, sendo que cada vitrina tem uma cor e *design* diferente e, geralmente, monominerálica.

## Estados Unidos

National Museum of Natural History, Smithsonian Institution, Washington, DC

O Instituto Smithsonian é hoje o maior complexo de museus do mundo, incluindo a Galeria de Arte Nacional, o Museu Aeroespacial, Jardim Zoológico, Museu do Índio Americano, Museu Nacional de História Natural (NMNH) ([www.mnh.si.edu](http://www.mnh.si.edu)), entre outros. O Museu de História Natural foi criado em 1846, mas o atual edifício foi inaugurado em 1910 (Figura 22A) com o objetivo de abrigar todas as coleções oficiais de história natural dos Estados Unidos, bem como instalações para os pesquisadores da área. Durante a década de 1980, o museu estava necessitando de mais espaço, pois as coleções não paravam de



**Figura 19.** Mineralogisches Museum am Steinmann-Institut der Universität Bonn. (A) detalhe de uma das vitrinas da exposição sistemática de minerais; (B) meteorito com 253 kg; (C) etiquetas transparentes dificultam a leitura das informações e, muitas vezes, passam despercebidas pelo visitante; (D) variedade rara de olho-de-tigre encontrada na Austrália. Fotografias: Lauro K. Dehira.

crescer. Em 1983 foi inaugurado o *Museum Support Center* (MSC) (Figura 22B) em Suitland, Maryland, para acomodar coleções e laboratórios de conservação e pesquisa.

O edifício principal, localizado no *National Mall*, possui 99.060 m<sup>2</sup> de área de exibições e 126 milhões de exemplares de história natural.

As principais áreas de pesquisa do museu são: mamíferos, aves, insetos, peixes, Paleontologia (com destaque para Paleobotânica), Mineralogia (na qual está inclusa uma grande e valiosa coleção de gemas), minérios e rochas.

Apesar de abrigar um dos maiores acervos de minerais brutos e gemas do mundo, o Instituto Smithsonian não tem o mesmo tratamento para todas as coleções, sendo que algumas delas possuem mobiliário mais adequado e maior número de funcionários, e a coleção de minerais e rochas não possui funcionário específico para tratar da conservação.

A exposição geológica do museu é bem estruturada, com muitos recursos interativos e multimídias. A exposição de minerais é direcionada ao público leigo (Figura 23), pois mostra os minerais e suas características sem o apelo científico da academia, que por muitas vezes assusta os visitantes

ocasionais, pois a linguagem acadêmica, como observada no Museu de Geociências da USP e na exposição mineralógica clássica do Museu de História Natural de Londres, acaba por criar uma barreira psicológica entre o conhecimento e o visitante que não faz parte do meio.

Com relação à reserva técnica, existem dois espaços principais utilizados para armazenar minerais e rochas. Os materiais utilizados regularmente pelos pesquisadores do próprio museu ficam alocados no próprio departamento, em armários antigos e sem cuidado especial (Figura 24A). As gemas são acondicionadas em local com segurança extra (Figura 24B) e somente o funcionário credenciado tem acesso. Os pesquisadores não têm permissão para entrar nesse local, por isso não foi possível analisar o acondicionamento do material gemológico do museu.

No MSC estão os materiais que não são solicitados constantemente e os que requerem cuidados especiais, como é o caso das coleções de meteoritos lunares (Figura 24C). Na coleção de minerais, minérios e rochas há cuidados básicos de armazenamento, como bons armários e gaveteiros (Figuras 24D e 24E), caixas em tamanho adequado para cada



**Figura 20.** Museu de História Natural de Viena. (A) entrada para ala de mineralogia; (B) quartzo fumê com 115 kg encontrado na Suíça em 1868; (C) aspecto geral da exposição de minerais; (D) a coleção de rochas inclui uma ampla variedade de rochas ornamentais; (E) exposição temporária sobre a proveniência dos nomes de minerais a partir do reino animal e vice-versa. Neste exemplo, o nome do pássaro 'Lazulifink' (*Passerina amoena*) é proveniente do mineral lazurita.

espécime, confeccionadas em papel de pH neutro e forro de etafon (*ethafoam*) (Figura 24F) nas gavetas onde há material mais delicado, para evitar que se desloquem durante a abertura das gavetas (Figura 24G). Apesar disso, ainda podem ser encontrados minerais asbestiformes cujas fibras estão soltas, guardados sem a devida proteção dentro de caixas que ficam abertas nas gavetas (Figura 24H). Há também necessidade de armazenamento adequado para amostras de sais, como acondicionamento em ambiente sem umidade, o que evitaria que amostras frágeis sofressem deliquescência (Figura 24I). Destaca-se o procedimento utilizado para os testemunhos de sondagem (Figura 24J). As amostras são recolhidas e já no campo são acomodadas em caixas especiais para esse tipo de material. Quando o lote chega ao MSC, é apenas conferido de acordo com as indicações na parte externa da caixa e já alocado na gaveta de destino, sem necessidade de manusear a amostra. No momento em que for solicitada para análise, é retirada pelo profissional

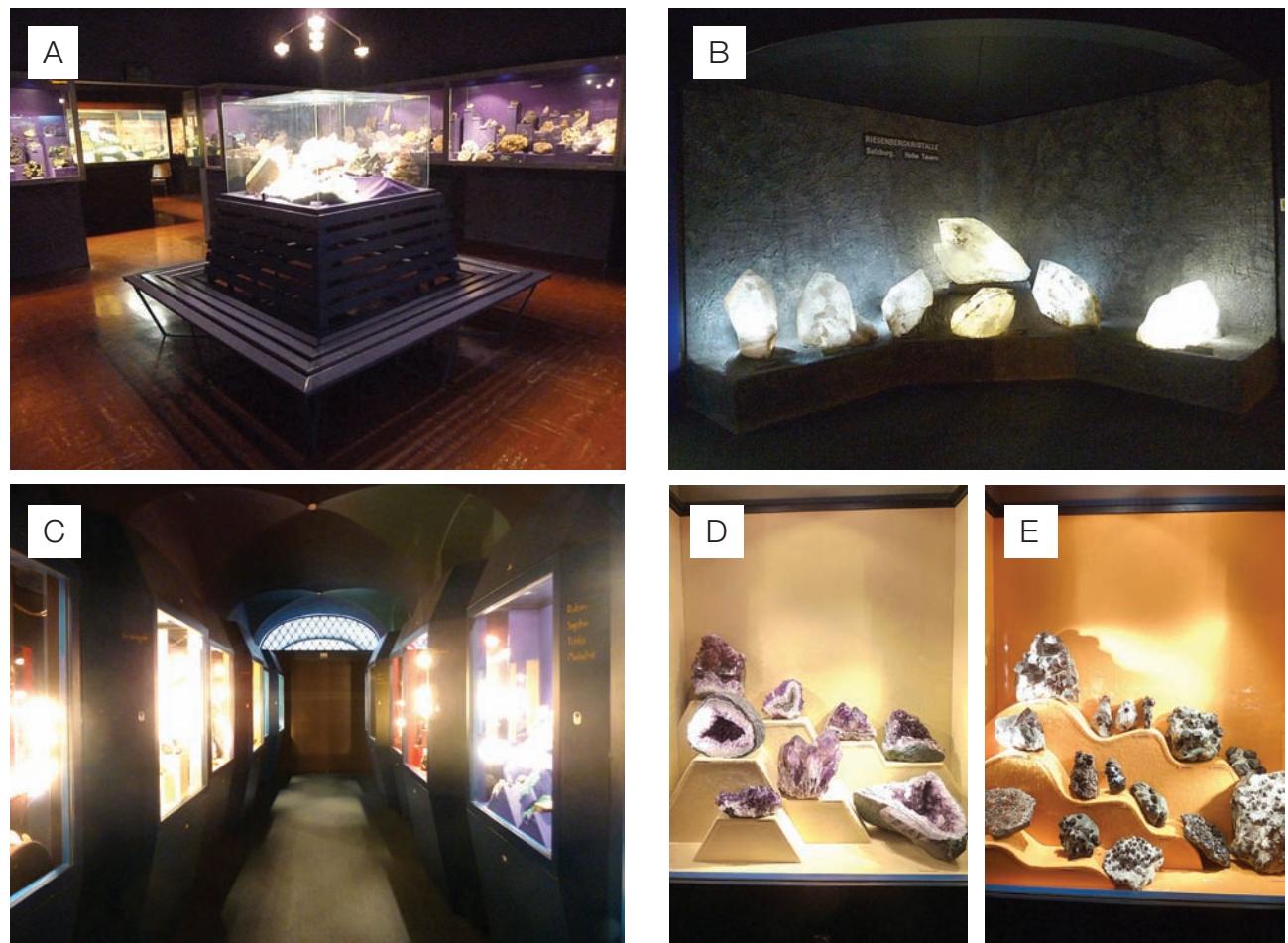
responsável. Esse procedimento evita a superlotação de laboratórios de preparação de amostras ou espaços de quarentena e é uma boa alternativa quando o quadro de funcionários é reduzido, caso da maioria dos museus geológicos.

#### American Museum of Natural History, Nova York

Este museu ([www.amnh.org](http://www.amnh.org)) é conhecido do público por ter sido o cenário do filme *Uma noite no museu*, em 2006. Foi criado em 1869, mas as seções de minerais e gemas foram inauguradas em 1976, e a de meteoritos em 1981.

Possui o maior meteorito exposto em museu, o Cape York, também conhecido como Ahnighito, com 34 toneladas (Figura 25A). Há um cristal de topázio gigante, com 4,5 toneladas, oriundo do Brasil.

A iluminação é centrada nas vitrinas (Figura 25B) e a identificação das amostras varia conforme as vitrinas. A exposição sistemática dos minerais segue a classificação química,



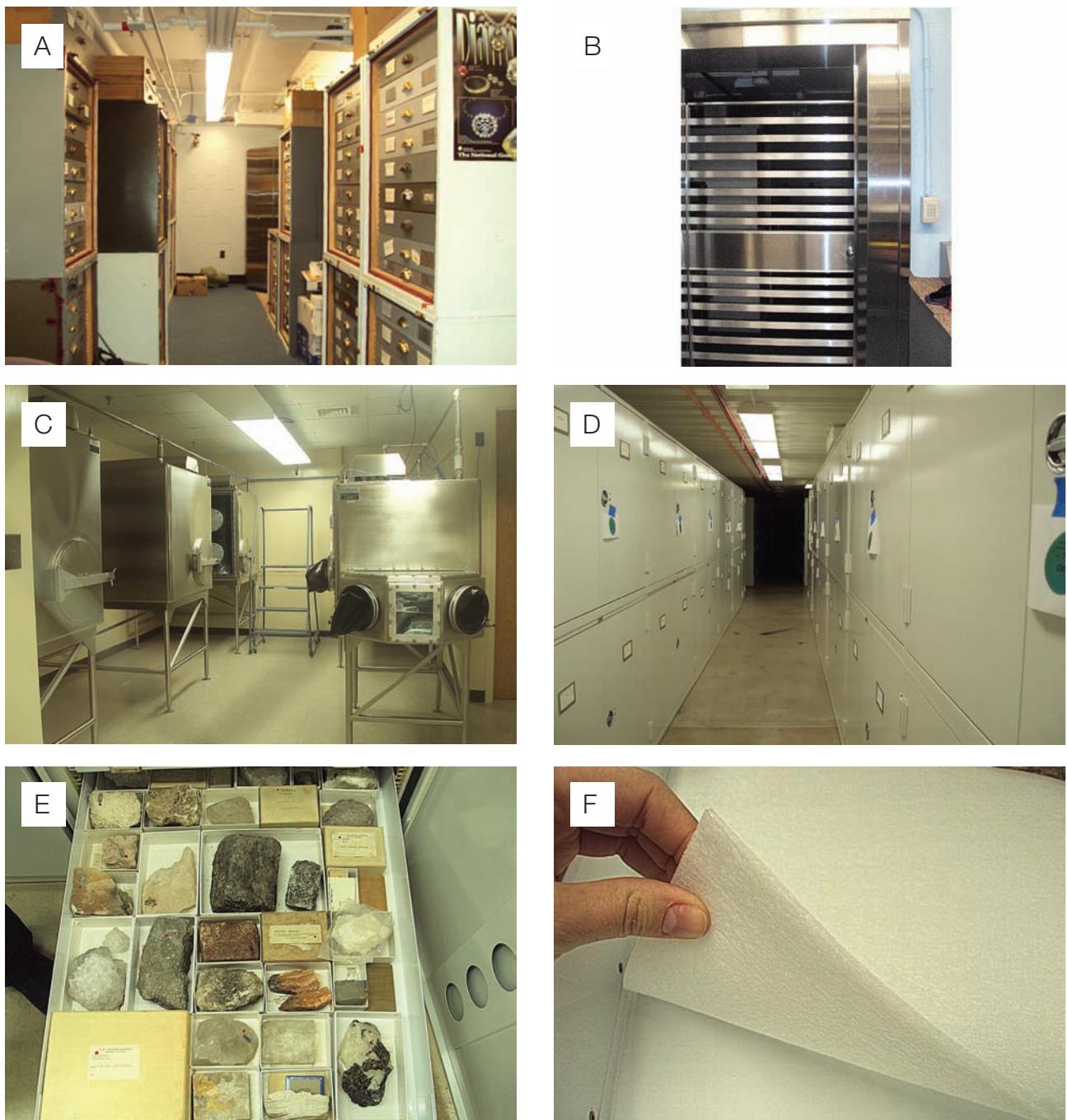
**Figura 21.** Casa da Natureza de Salzburgo. (A) aspecto geral da exposição de minerais e rochas; (B) sala de cristais gigantes de quartzo; (C) câmara do tesouro, com exibição de minerais-gema; (D e E) exemplos de vitrinas da câmara do tesouro. Cada vitrina tem *design* e uma cor.



**Figura 22.** Fachadas. (A) fachada principal do National Museum of Natural History – Smithsonian Institution, Washington, DC, localizado no National Mall; (B) fachada de um dos edifícios do Museum Support Center, em Suitland, Maryland.



**Figura 23.** Smithsonian Institution. (A) aspecto geral da exposição de minerais; (B) exemplo de exposição moderna, na qual o visitante leigo pode ver uma das principais características físicas do mineral, a cor, sem a utilização de termos científicos que criem barreira entre o espectador e o conhecimento a ser transmitido; (C) transmissão de outro conceito básico da mineralogia, o hábito do mineral, aqui transmitido ao público leigo de forma sutil e agradável, sob o título de 'um mineral, muitas formas'; (D) amostra exposta para ser tocada.



**Figura 24.** National Museum of Natural History. (A) vista parcial da reserva técnica de minerais no edifício do National Mall. Notam-se os móveis抗igos, cujas gavetas não são acopladas, podendo cair ao serem manuseadas sem o devido cuidado; (B) vista externa do cofre de gemas do National Museum of Natural History, no edifício do National Mall. A porta abre mediante a digitação do código de acesso e só o funcionário responsável tem acesso ao local; (C) sala especial para abrigar meteoritos lunares com climatização e controle de umidade. O manuseio indireto das amostras é feito por meio da utilização de luvas especiais, e a amostra não sai da cabine onde está armazenada; (D) vista parcial da reserva técnica da coleção de minerais do National Museum of Natural History no Museum Support Center; (E) aspecto dos minerais armazenados no interior das gavetas da Figura 24D; (F) placa de etafon (ethafoam) utilizada para forrar o fundo das gavetas onde são alocados materiais frágeis, a fim de evitar seu deslizamento durante a abertura da gaveta. (Continua...)



**Figura 24.** (Continuação) (G) amostras de rochas ornamentais são fixadas sobre as placas mostradas na Figura 24F; (H) todas as amostras da reserva técnica preservam a etiqueta original e a atual; (I) acondicionamento precário de amostras de sais de nitrato. Não há controle de umidade ou temperatura no local; (J) aspecto de testemunhos de sondagem armazenados no interior de caixas especiais.

e as etiquetas acompanham as amostras (Figura 25C). Há vitrinas de minerais específicos, por exemplo, cuprita, com identificação da procedência na parte inferior (Figura 25D). As vitrinas de minerais-gema também têm essa configuração (Figura 25E). Em algumas vitrinas as amostras são numeradas e na lateral há a identificação (Figura 25F). Vitrinas adicionais acondicionam amostras grandes.

#### Francia

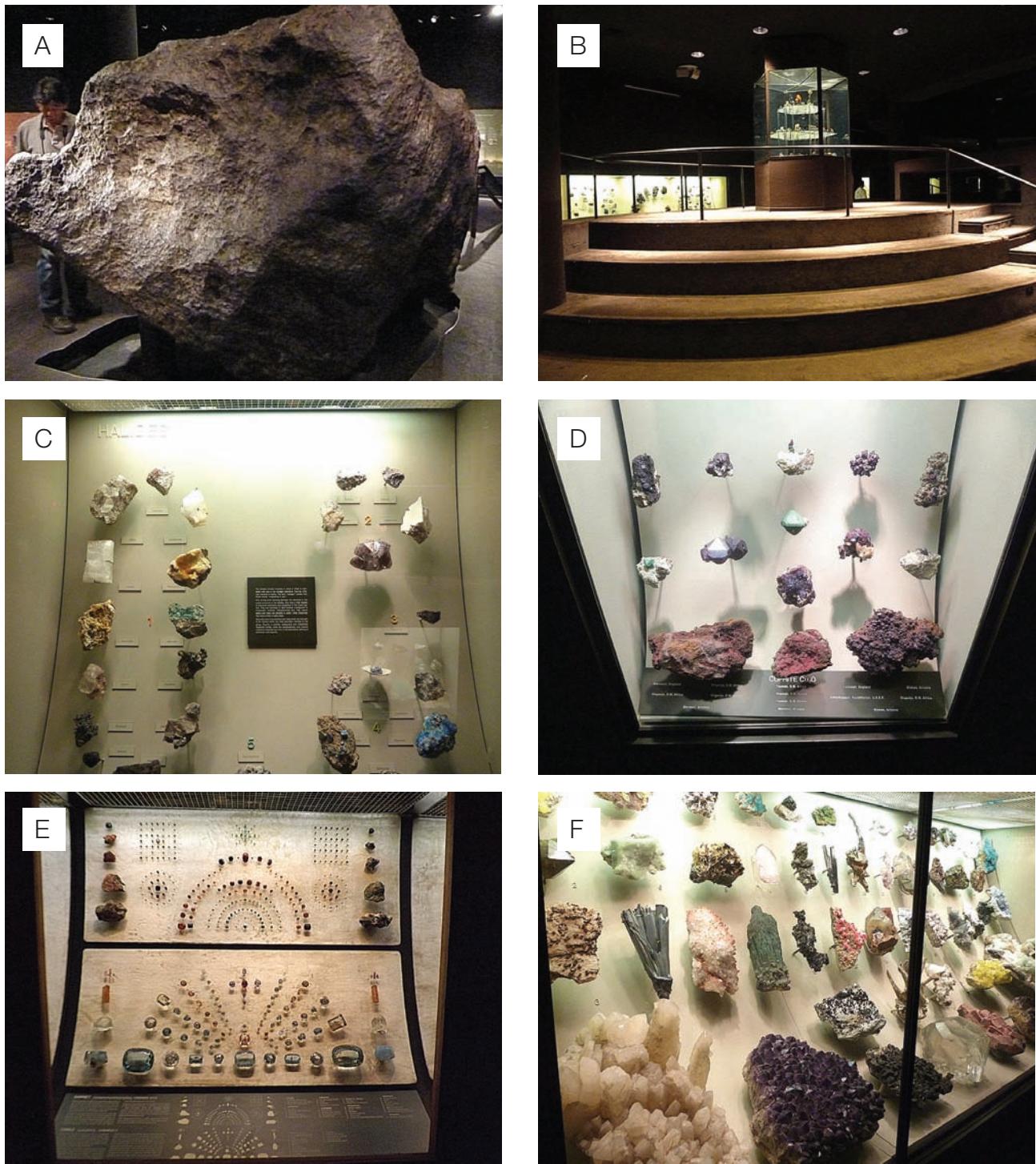
#### Musée de Minéralogie Mines ParisTech

A coleção do Museu de Mineralogia da Escola de Minas de Paris ([www.musee.mines-paristech.fr/](http://www.musee.mines-paristech.fr/)) (Figura 26) começou antes mesmo da criação dessa escola em 1783. Apresenta números expressivos: 100 mil amostras das quais 5 mil são expostas. O museu conserva ainda o aspecto adquirido nos anos de 1850, mas a reorganização das coleções

e a apresentação atual datam de 1990. A apresentação dos minerais segue a classificação de Strunz. Além dos minerais, há exposição de rochas, gemas, meteoritos e cristais sintéticos, em vitrinas horizontais e verticais (para amostras maiores). Das amostras de minerais, 70% foram adquiridas entre os anos de 1957 e 1990.

As duas primeiras salas são escurecidas e expõem as amostras mais bonitas. Segue-se a galeria de mineralogia com dez salas. Todas as salas possuem grandes janelas com vista para o jardim da escola e é possível observar a Torre Eiffel ao fundo.

O museu foi aberto oficialmente ao público em 1990. Anteriormente era utilizado somente para fins de ensino e pesquisa. À parte da exposição pública, o museu abriga 700 espécies minerais-tipo, ou seja, amostras padrão de minerais cujas propriedades cristalográficas, físicas e químicas foram determinadas quando de suas descobertas, tornando-se, assim, referência internacional.



**Figura 25.** American Museum of Natural History, em Nova York. (A) Cape York, o maior meteorito exposto em museu; (B) exposição geral, com iluminação centrada nas vitrinas; (C) vitrina dos haletos; (D) vitrina de cuprita; (E) exposição de minerais-gema; (F) vitrina com identificação da amostra na lateral, pouco visível no canto superior direito.

## Collection de Minéraux de l'Université Pierre et Marie Curie

Essa coleção ([www.impmc.upmc.fr/fr/collection\\_de\\_mineraux.html](http://www.impmc.upmc.fr/fr/collection_de_mineraux.html)) foi constituída após a criação da cadeira de Mineralogia na Sorbonne em 1809. A apresentação da coleção foi inspirada no Museu das Joias da Coroa do Irã, em Teerã. Sua instalação no Campus de Jussieu se deu em 1970. Somente mil amostras das 16.500 existentes são expostas. Os minerais estão dispostos em 24 vitrinas panorâmicas, classificados segundo a composição química (Figura 27).



A

Nas visitas podem ser utilizados áudio-guias com explicações de todas as vitrinas.

### Inglaterra

#### London Natural History Museum

Inaugurado em 1881, com peças reunidas nos últimos 400 anos por viajantes e colecionadores, o Museu de História Natural de Londres (LNHM) ([www.nhm.ac.uk](http://www.nhm.ac.uk)) abriga mais de 70 milhões de peças em seu acervo, a maior e mais importante coleção de história natural do mundo.



B



C



D



E



F



G

**Figura 26.** Museu de Mineralogia da Escola de Minas de Paris. (A) entrada do museu, notar o afresco no teto *Allégorie des mines et de l'industrie*, de Alexandre Denis Abel de Pujol; (B) sala com exposição de minerais selecionados com as melhores amostras do museu; (C) vitrina com exposição de minerais fluorescentes; (D e E) aspecto geral da exposição; (F) vitrinas que acondicionam minerais sensíveis à luz. A tampa pode ser aberta para visualização dos minerais, mas na maior parte do tempo estão protegidos da luz; (G) lupa para visualização de amostra pequena.

Sua história remonta ao ano de 1753, quando o físico e colecionador de curiosidades naturais Sir Hans Sloan legou suas raridades à Coroa Britânica. Essa coleção era, originalmente, parte do acervo do British Museum, porém, com a adição da coleção do botânico Joseph Banks, colecionada durante a viagem de 1768 a 1771 com o Capitão James Cook na famosa expedição a bordo do navio HMS Endeavour, a coleção necessitou de um espaço próprio só para a História Natural.

Sir Richard Owen, superintendente da coleção de história natural do Museu Britânico, persuadiu o governo de que um edifício novo era necessário. O edifício atual, erguido para ser utilizado na Exposição Internacional de 1862 e depois sem utilidade, foi o escolhido para abrigar o acervo. Uma curiosidade desse edifício é que a fachada, que à primeira vista parece ser de pedra, foi a primeira construção da Inglaterra cuja fachada foi feita de terracota.

A coleção de mineralogia complementou o acervo de história natural, que começou a ocupar o espaço atual em 1883. No entanto, foi somente em 1963 que a coleção passou a ser, formalmente, de propriedade do Museu de História Natural.

Suas exposições são direcionadas de forma a ilustrar a Terra e a vida na Terra. Seu acervo é dividido em cinco grandes áreas de pesquisa, sendo elas: entomologia, botânica, paleontologia, mineralogia e zoologia.

O Museu tem hoje sua exposição permanente dividida em quatro partes, cada uma representada por uma cor, para que o visitante as identifique mais facilmente.

O acervo geológico do museu é formado por 9 milhões de fósseis, 550 mil exemplares entre rochas e minerais e 3.200 meteoritos.

O museu é aberto ao público de todas as faixas etárias, com programas escolares direcionados e laboratórios integrativos para descobertas individuais.

Devido ao seu grande espaço expositivo, o museu tem capacidade para abrigar exposições clássicas e modernas. A curadoria optou por mesclar a exposição mineralógica original (Figura 28A) à exposição de minerais em moldes modernos (Figura 28B).

A exposição clássica de mineralogia segue uma disposição científica, de acordo com a classificação química de Dana (Figura 28C). A exposição permanece inalterada desde sua inauguração, em 1883, dando ao visitante uma sensação de volta ao passado (por isso mesmo, a chamada para a exposição tem o *slogan* ‘*step back in time*’). O pensamento científico atrelado à doutrina positivista é o grande norteador dessa exposição. Há todo tipo de minerais, em suas variedades de cor, hábito e estrutura cristalina. Por ser uma exposição concebida em outro contexto museológico, predomina o caráter expositivo, com etiquetas explicativas em termos científicos. É possível observar que essa exposição recebe bem menos visitantes. Os visitantes dessa exposição são,

em sua maior parte, fotógrafos de minerais, cientistas e pesquisadores da área.

Pode-se dizer que a preocupação com a conservação não é o fundamental nessa exposição. Talvez pela fidelidade à questão temporal, a arquitetura da sala deixa as amostras expostas à luz solar (Figuras 29A e 29B), sem preocupação com filtros de raios UV, vidros filmados ou outros recursos. Existem partes da vitrina em que não é possível enxergar o mineral devido ao reflexo da luz.

Já a outra sala de exibição de minerais, ao lado da sala de exposições já descrita, tem uma atmosfera totalmente diferente. Os minerais estão expostos não horizontalmente, como na coleção científica, mas em vitrinas verticais que possibilitam uma melhor apreciação da amostra (Figura 28D). Luzes direcionadas são utilizadas para melhor visualização, destacando cores e formas. As amostras têm suportes especiais que realçam o que se pretende mostrar. Além disso, características físicas que definem um mineral, como transparência, cor do traço, dureza e classificação relativa da escala de Mohs, são ilustradas de forma prática e mais moderna do que na exposição clássica (Figuras 29C e 29D), a ponto de que o visitante leigo em mineralogia também possa compreender e saber o que apreciar em um mineral.

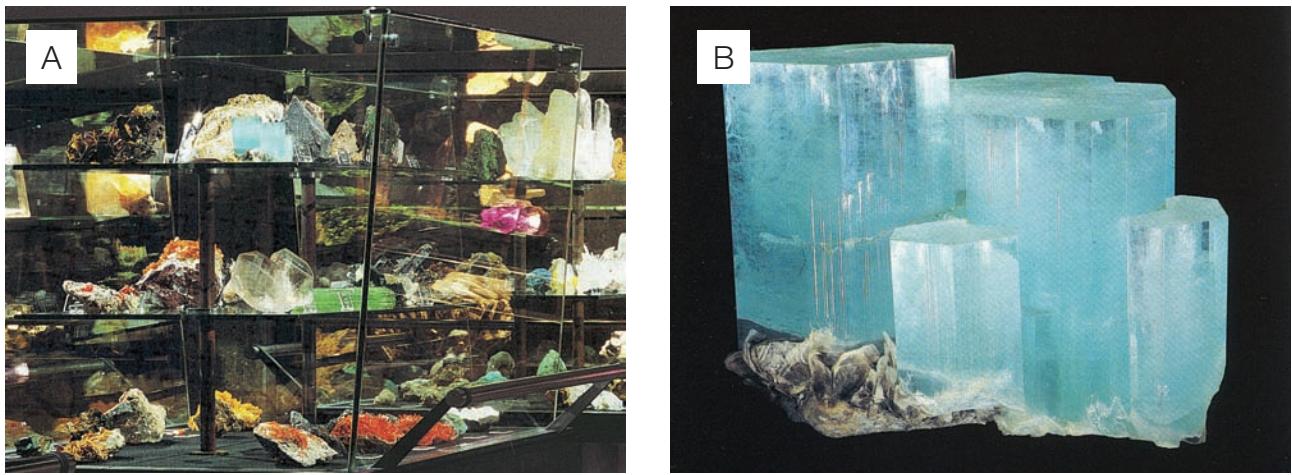
Um detalhe importante são as áreas de descanso (Figuras 29E e 29F). O tempo de concentração de um adulto em uma exposição é de cerca de 15 minutos. As áreas de descanso são, por isso, essenciais, uma vez que, se elas não existem, o visitante se cansa e vai embora sem ter visto toda a exposição.

#### Oxford University Natural History Museum

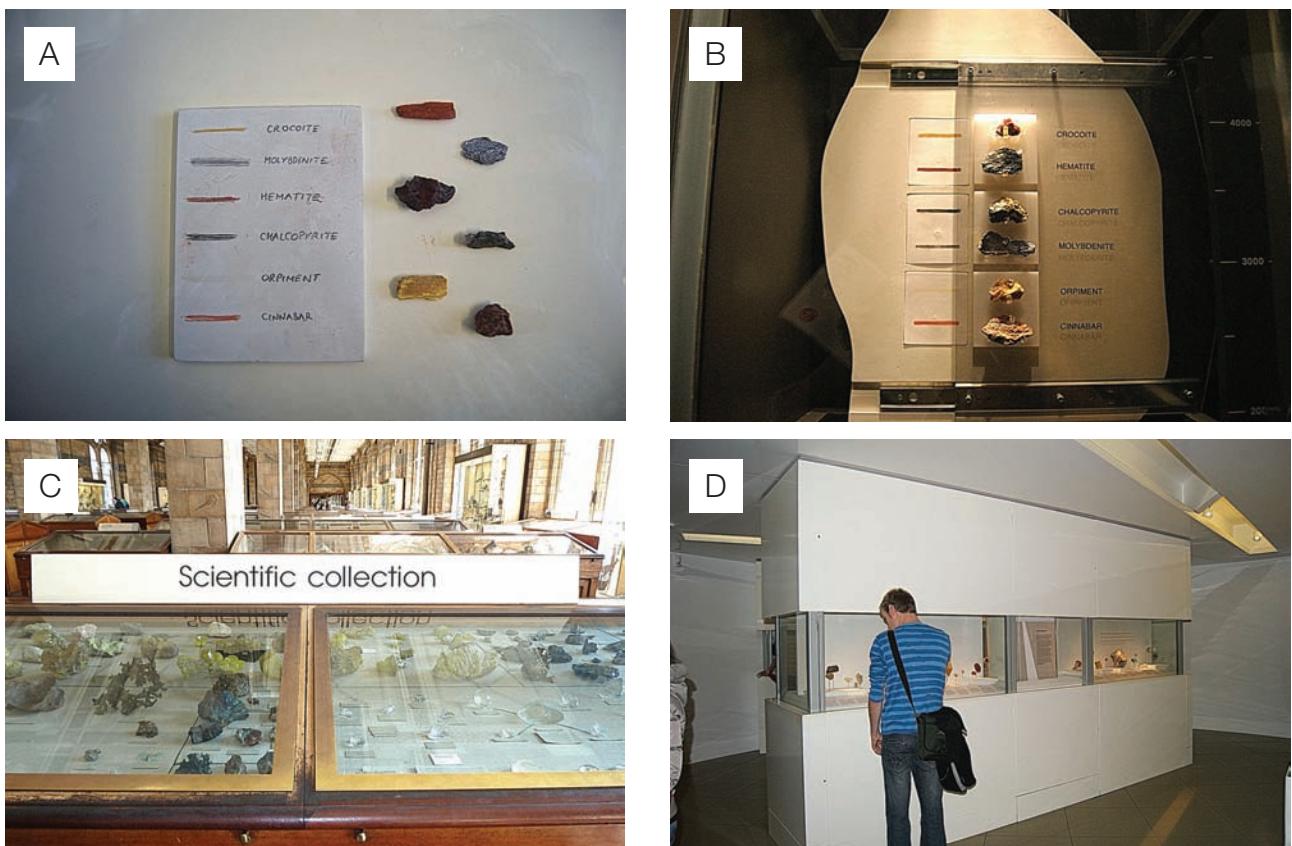
A Universidade de Oxford teve a honra de abrigar o primeiro museu europeu construído para esse fim: *The Ashmolean Museum* (Figura 30), instalado em um edifício neogótico e inaugurado em 1860.

Atualmente, a coleção geológica do Museu de História Natural da Universidade de Oxford ([www.oum.ox.ac.uk](http://www.oum.ox.ac.uk)) abriga 30 mil espécimes de minerais de diferentes localidades do mundo, além de coleções de gemas, meteoritos, instrumentos para técnicas de estudos mineralógicos e um importante arquivo de correspondências e notas de pesquisa. Desde 1998, a equipe responsável pela coleção de minerais está também responsável pela coleção petrográfica, que compreende 50 mil exemplares.

Os destaques da coleção geológica são a coleção de pedras ornamentais de Faustino Corsi adquirida em 1827; as coleções históricas de Willian Buckland e sua esposa Mary Morland, John MacCulloch e Charles Daubeny; a coleção sistemática de minerais dos químicos Sir Henry Enfield e Dr. Hugo Müller e minerais britânicos coletados entre 1970 e 1980 por Morrison Thomas. Dentre essas coleções merece destaque a Coleção Corsi, recém-disponibilizada

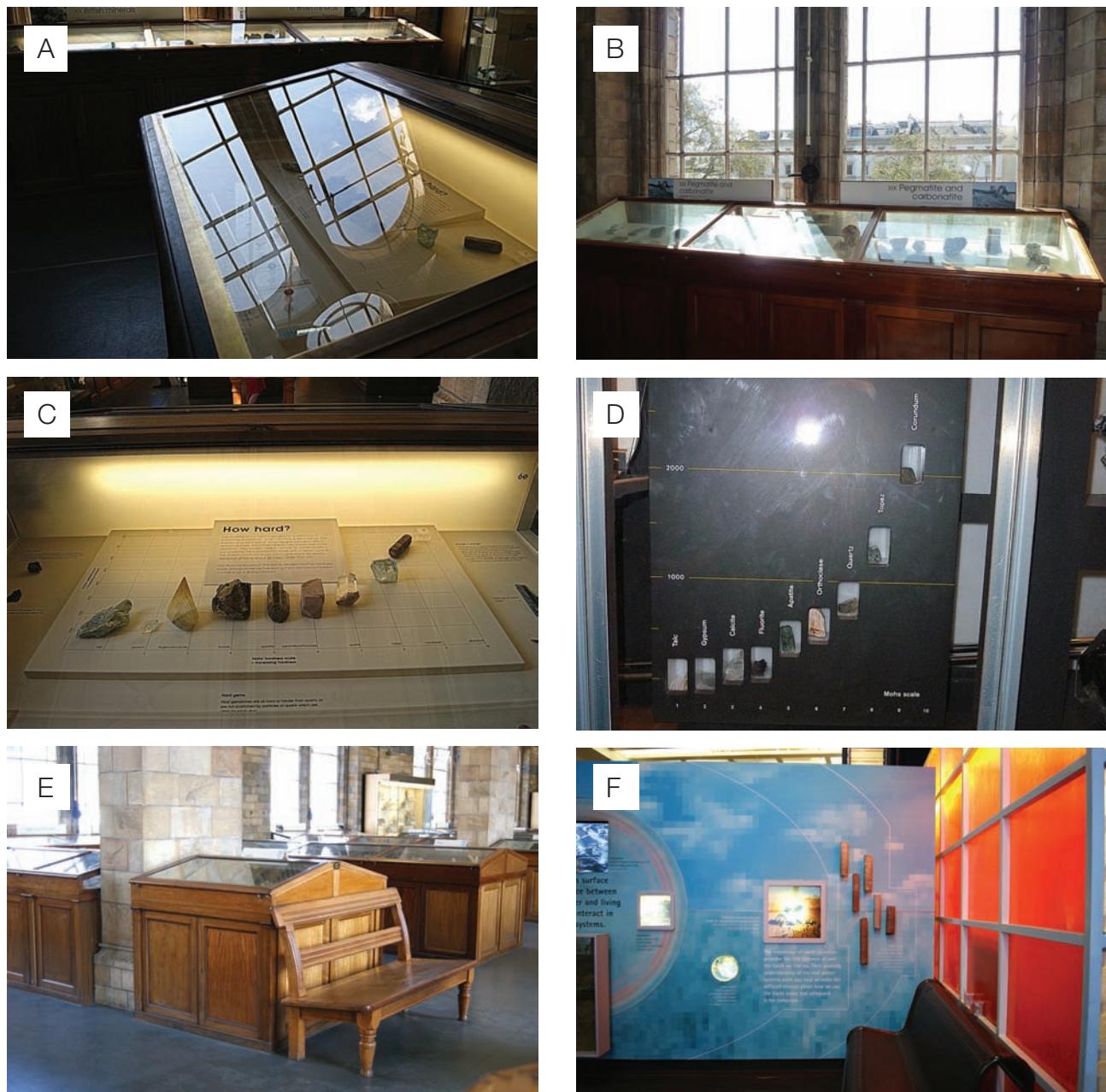


**Figura 27.** Coleção de Minerais da Universidade Pierre e Marie Curie, em Paris. (A) detalhe da vitrina da coleção; (B) amostra de berilo com 12 cm. Fotografias: Nelly Bariand. Editions A.M.I.S.



**Figura 28.** London Natural History Museum. (A) a cor do traço, uma das características mais importantes do mineral, é ilustrada de forma simples na exposição clássica de minerais. (B) no mesmo museu, porém em outro espaço expositivo, a cor do traço é ilustrada ao público leigo de maneira moderna e interativa, permitindo a compreensão de um conceito básico de identificação mineral sem o apelo científico; (C) exposição clássica dos minerais; (D) exposição moderna de minerais. A exposição está em uma altura acessível e a ausência de iluminação externa, mesclada a uma iluminação individual e direcionada para cada amostra, valorizam o mineral e proporcionam uma boa visão para o visitante.

integralmente na Internet ([www.oum.ox.ac.uk/corsi/about/oxford](http://www.oum.ox.ac.uk/corsi/about/oxford)). Acessando o *site* do Museu, há um *link* para a coleção, no qual o internauta pode ler sobre a história da coleção, descobrir curiosidades e entrar na coleção virtual. O pesquisador pode escolher dentre todas as miniaturas das amostras e clicar na amostra de seu interesse. Toda a ficha catalográfica da amostra, bem como sua imagem em tamanho maior, é disponibilizada para consulta.



**Figura 29.** Detalhes do London Natural History Museum. (A e B) a luz natural na exposição clássica de minerais atrapalha a apreciação do visitante; (C) escala de dureza relativa de Mohs mostrada na exposição clássica; (D) outra forma de exibição da escala de dureza relativa de Mohs; (E) banco para descanso na exposição clássica de minerais (detalhe da Figura 4A); (F) área de descanso na exposição geológica.

É importante ressaltar que a equipe responsável pela coleção geológica mantém uma política de aquisição ativa, o que contribui para que as exposições possam ser constantemente renovadas, atraindo público. O mesmo não ocorre com o Museu de Geociências da USP.

Quanto à organização expositiva, o MHN da Universidade de Oxford lembra um grande Gabinete de Curiosidades do século XVII (Figura 31A). Em um mesmo saguão estão dispostos

exemplares de animais empalhados, rochas, fósseis, minerais e rochas lunares (Figura 31B). Não há um delineamento para os visitantes, tampouco sugestão de roteiro de visitação. O visitante se sente desorientado num espaço tão grande e cheio de objetos.

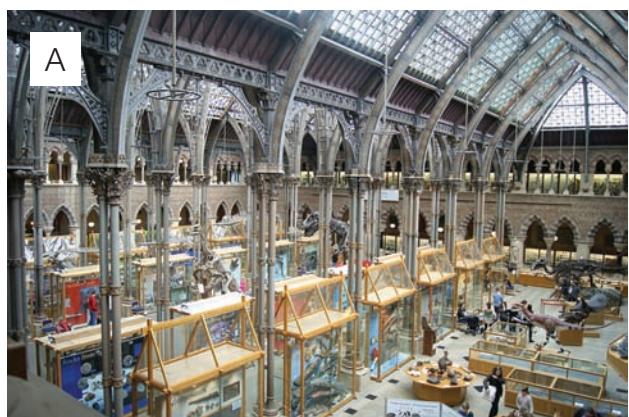
### Portugal

#### Museu Nacional de História Natural e da Ciência, Universidade de Lisboa

Apesar de sua origem datar do século XVIII, a denominação de Museu Nacional de História Natural e da Ciência ([www.mnhn.ul.pt](http://www.mnhn.ul.pt)) é de 2011, sucedendo aos Museu Nacional de História Natural e Museu de Ciência da Universidade de Lisboa.



**Figura 30.** Edifício original do Ashmolean Museum, onde atualmente está situado o Museu de Ciência e Técnica da Universidade de Oxford.



**Figura 31.** Museu de História Natural da Universidade de Oxford. (A) aspecto geral do espaço expositivo. A organização da exposição lembra um gabinete de curiosidades do século XVII; (B) exposição de paleontologia ao lado da exposição de minerais. Mistura de assuntos deixa o visitante desorientado. Nota-se também a falta de preocupação com a conservação do acervo pela presença de goteiras que caem sobre as vitrinas.

Há duas exposições sobre minerais (Figura 32). A primeira, Minerais Identificar Classificar, aborda as principais classes minerais. A segunda, O minério de Panasqueira, trata da conhecida mina de tungstênio.

### Peru

#### Museu Andres del Castillo, Lima

O museu ([www.madc.com.pe](http://www.madc.com.pe)) se localiza no centro histórico de Lima e está instalado na Casa Belén, representante da arquitetura republicana do século XVIII. Após longo processo de restauro da casa, o museu foi aberto em novembro de 2008.

Os minerais do Peru constituem a principal coleção do museu (Figura 33). Apresenta uma exposição tradicional, com vitrinas escalonadas ou horizontais para amostras maiores e iluminação direcionada às amostras. Uma das salas tem iluminação natural. Alguns minerais, como a pirita, por exemplo, têm vitrinas inteiras para ilustrar os diferentes hábitos do mineral. Destaque para o maior cristal de scheelita do mundo, com 16 cm, segundo informação do museu.

### Brasil

#### Museu das Minas e do Metal, Belo Horizonte

O Museu das Minas e do Metal ([www.mmm.org.br](http://www.mmm.org.br)) foi inaugurado em 2010, e está instalado em um prédio da antiga Secretaria de Estado da Educação, de 1895, conhecido como Prédio Rosa, de estilo eclético com elementos neoclássicos franceses, tombado pelo Estado.





**Figura 32.** Museu Nacional de História Natural e da Ciência, Universidade de Lisboa. (A) exposição Minerais Identificar Classificar; (B) exposição O minério de Panasqueira.

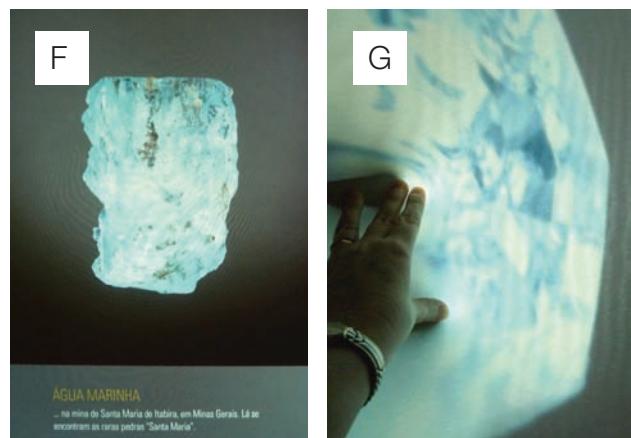
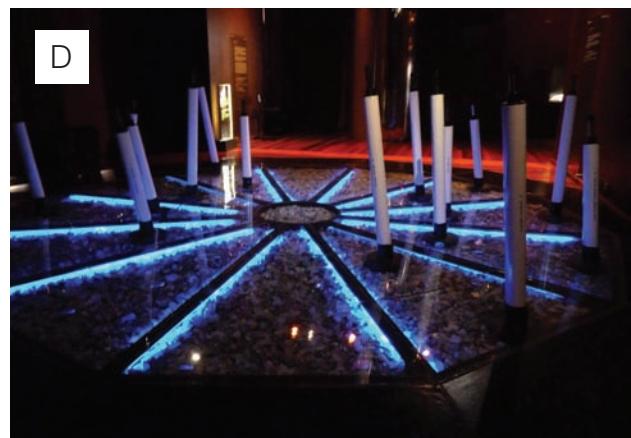
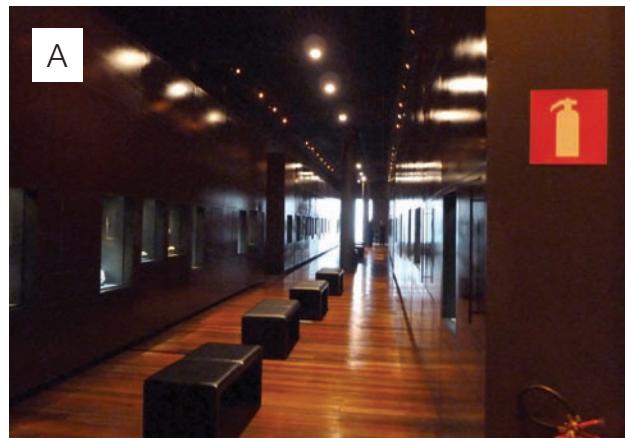


**Figura 33.** Museu Andres del Castillo, em Lima. (A) exposição geral da coleção de minerais; (B) sala com iluminação natural devido à clarabóia; (C) vitrina escalonada de diversos agregados de pirita; (D) cristal de sheelita com 16 cm.

Possui 18 salas com 44 atrações sobre mineração e metalurgia (Figura 34). É um museu bastante tecnológico com muita interatividade, permitindo aos visitantes, através de ambientes virtuais, um passeio pelo mundo dos metais. Personagens ilustres estão representados ali, como

o Imperador D. Pedro II, o Barão de Eschwege e o bandeirante Fernão Dias.

O acervo do antigo Museu de Mineralogia Djalma Guimarães, pertencente ao município, foi incorporado pelo novo museu, de gestão público-privada, e está exposto em



**Figura 34.** Museu de Minas e do Metal, em Belo Horizonte. (A) vista geral da exposição de minerais, antigo acervo Djalma Guimarães; (B) detalhe da exposição de minerais, nicho dos sulfatos; (C) exposição do meteorito Bocaiuva; (D) chão de estrelas, onde o visitante pode visualizar minerais por meio de lunetas; (E) ambiente virtual simulando uma ferrovia e o Barão de Eschwege falando sobre o ferro; (F e G) painéis de minerais-gema, que com o toque, o mineral vai sendo lapidado.

uma das alas com visual moderno com destaque para as amostras de minerais.

É um museu que atende aos diferentes tipos de públicos com exposições predominantemente interativas, mas também apresenta seções contemplativas, além dos programas educativos e roteiros temáticos propostos para visitas temáticas no museu.

#### Museu da Geodiversidade, Universidade Federal do Rio de Janeiro

O museu ([museu.igeo.ufrj.br](http://museu.igeo.ufrj.br)) foi criado em 2007 com a proposta de um circuito expositivo único com 600 m<sup>2</sup> para integrar minerais, rochas, fósseis, eventos geológicos e vida.

A exposição tem uma concepção moderna, com apelo visual, exposições contemplativas e interativas (Figura 35).

Os visitantes são saudados por Monteiro Lobato, cuja pintura do escritor exibe uma simulação de seu movimento facial.

A exposição é subdividida em módulos tratando da origem da Terra, minerais e seus usos, origem da vida e sua evolução, um paleojardim com total integração do patrimônio natural e cultural e um módulo com temas contemporâneos (mudanças climáticas e recursos naturais, destacando o petróleo).

#### Museu Nacional, Universidade Federal do Rio de Janeiro

A origem do Museu Nacional ([www.museunacional.ufrj.br](http://www.museunacional.ufrj.br)) remonta ao antigo Museu Real, criado por decreto do Rei Dom João VI, em 1818, e que abrigava uma grande coleção de história natural, com animais empalhados, minerais e rochas e a parte etnográfica, com objetos de arte e artefatos indígenas. Em 1824 o espaço foi rebatizado de Museu Imperial e em 1828 o acervo mineralógico foi transferido para a Academia Militar.

Os anos entre 1876 e 1893 foi um período áureo para o Museu Nacional. Posteriormente, até as primeiras décadas do século XX o museu perdeu sua hegemonia científica (Lopes, 1997).

Ao contrário dos grandes museus internacionais, nunca teve um prédio construído para abrigar suas coleções, mas em 1892 foi transferido para o Palácio da Quinta da Boa Vista, antiga residência do imperador, e assim permaneceu.

O destaque da exposição está na coleção de meteoritos, que inclui o maior meteorito encontrado no Brasil, em Monte Santo, na Bahia, em 1784, o Bendegó (Figura 36A), doado ao museu em 1888. Há uma sala pequena, com alguns exemplares de rochas, e uma importante coleção paleontológica. A coleção de mineralogia, que inclui exemplares de minerais de José Bonifácio de Andrada e Silva, permanece em reserva técnica.

A coleção de rochas possui enfoque didático, próprio para alunos dos ensinos fundamental e médio, não obstante

também é adequada para qualquer outro tipo de visitante (Figura 36B). A exposição paleontológica é a mais bem organizada, com cuidados básicos de conservação (Figura 36C) e *layout* moderno (Figura 36D). A exposição está acondicionada em condições heterogêneas, ora com cuidados de conservação (Figura 36E) ora não (Figura 36F). O meteorito Bendegó se encontra na entrada do Museu, sem nenhum tipo de proteção, à mercê da umidade e das variações térmicas.

#### Museu de Ciências da Terra, Departamento Nacional de Produção Mineral

O acervo mineralógico do Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) consta como um dos mais importantes do Brasil, devido ao número de exemplares e à qualidade mineralógica. Está instalado em um edifício histórico na Praia Vermelha, Rio de Janeiro. O prédio foi construído em 1880 para abrigar a Exposição Nacional e, posteriormente, passou a abrigar o Serviço Mineralógico e Geológico do Brasil, que teve seu nome alterado para o atual DNPM em 1934. Em 1907, o geólogo Orville Adelbert Derby organizou as amostras em forma de Museu (Cornejo e Bartorelli, 2010).

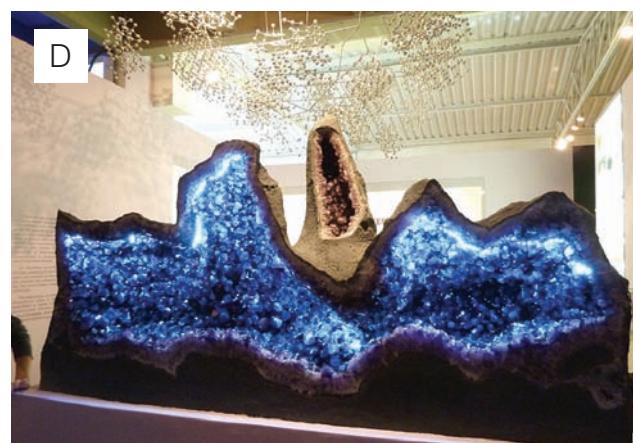
O museu ([www.mme.gov.br/sgm/menu/entidades\\_vinculadas/Museu.html](http://www.mme.gov.br/sgm/menu/entidades_vinculadas/Museu.html)) abriga coleções paleontológica e mineralógica (Figura 37A). Esta, ainda hoje, possui a feição expositiva de uma exibição clássica do século XIX. As vitrinas de exposição em madeira imitam com exatidão a exposição mineralógica clássica do Museu de História Natural de Londres (Figura 37B). A mostra está organizada de acordo com a sistemática de Dana, com muitos exemplares em uma mesma vitrina. A exposição se apresenta inadequada para atender ao público leigo, uma vez que as amostras, organizadas sistematicamente, não possuem quaisquer referências indicativas do que deve ser observado em um mineral. O espaço se apresenta igualmente inadequado à comunidade científica, pois as amostras, mobiliário e instalação estão em péssimo estado de conservação, e as etiquetas informativas estão degradadas (Figuras 37C a 37F). A iluminação natural, aliada a luminárias sem direcionamento, prejudicam a visibilidade do visitante, tal qual ocorre no Museu de História Natural de Londres. Muitos dos principais problemas de conservação que afetam coleções geológicas podem ser vistos na exposição, tais como esfacelamento de pirita e marcassita, sais deliquescentes, proliferação de microrganismos decorrente de umidade excessiva, entre outros.

#### Museu de Ciência e Técnica da Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto

O prédio que abriga o museu ([www.museu.em.ufop.br](http://www.museu.em.ufop.br)), construído entre 1741 e 1748, foi o antigo Palácio dos

Governadores. Anteriormente, era conhecido como Museu de Mineralogia, mas com a incorporação de outros acervos passou a ter a denominação atual em 1995. Até o ano de 1995 só havia minerais expostos em várias salas (Museu de Mineralogia), quando o museu incorporou outros acervos, passando ter mais 14 setores, passou a se chamar Museu de Ciência e Técnica.

A coleção de mineralogia teve início com as amostras trazidas por Henri Gorceix, fundador e primeiro diretor da Escola de Minas de Ouro Preto, em 1875, além de coleta de amostras no Rio Grande do Sul e em várias cidades de Minas Gerais. Há duas salas de mineralogia, ambas com exposição clássica das amostras. A sala Mineralogia I (Figura 38A), inaugurada em 1984, é a mais importante e mais famosa, por ser uma



**Figura 35.** Museu da Geodiversidade da Universidade Federal do Rio de Janeiro. (A) exposição Minerais: Frutos da Terra; (B) detalhe da etiqueta das amostras; (C) exposição de meteoritos; (D) geodos realçados por iluminação e estruturas cristalinas no teto; (E) exposição Mares do Passado; (F) recurso multimídia na exposição.

réplica da Collection de Minéraux de l'Université Pierre et Marie Curie, em Paris. Possui belo acervo de minerais, com cerca de 2 mil amostras (Figura 38B), exposto nas vitrinas

com iluminação a partir do teto. A exposição dos minerais-gema lapidados é ofuscada pelo tamanho das etiquetas, diferindo do restante da exposição (Figura 38C). O piso e as bases



**Figura 36.** Museu Nacional, Universidade Federal do Rio de Janeiro. (A) meteorito Bendegó na entrada: iluminação direta e suscetibilidade a flutuações de temperatura e umidade relativa; (B) exposição petrográfica voltada para alunos dos ensinos fundamental e médio; (C) fóssil exposto em cabine preparada para evitar contato com o ambiente e luzes direcionadas; (D) vista geral de parte da exposição paleontológica: *layout* moderno; (E) detalhe da janela fechada para evitar iluminação natural no fóssil; (F) detalhe da janela aberta sobre meteorito exposto. Em primeiro plano, exposição de fragmento do meteorito Bendegó. Fotografia: Lauro K. Dehira.

das vitrinas são revestidos por quartzito, cuja extração é dos arredores de Ouro Preto. Essas placas foram polidas na Itália, pois na época não se fazia esse serviço no Brasil. O setor de Mineralogia II, com cerca de 18 mil amostras, possui exposição mais clássica (Figura 38D), com amostras menores e

com menor apelo visual, que atende a públicos mais específicos interessados em minerais. Há vitrinas exemplificando a diversidade de dureza (Figura 38E), hábito (Figura 38F), cristalografia, brilho (Figura 38G) e cor dos minerais, constituindo bom recurso didático.



**Figura 37.** Museu de Ciências da Terra do Departamento Nacional de Produção Mineral. (A) entrada para a exposição mineralógica; (B) aspecto geral da exposição de minerais; (C) mobiliário antigo e danificado, sem iluminação; (D) vitrina sem iluminação e com fios desencapados, com possibilidade de ocorrência de um curto circuito; (E) detalhe de suporte improvisado e etiqueta danificada; (F) amostra de carvão em estado avançado de degradação. Além disso, a iluminação mal posicionada prejudica a visualização da amostra.

Museu de Minerais e Rochas Professor Heinz Ebert,  
Universidade Estadual de São Paulo

O Museu Professor Heinz Ebert ([www.rc.unesp.br/museu-dpm](http://www.rc.unesp.br/museu-dpm)) teve sua origem atrelada à criação do curso de Geologia na Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Rio Claro,

no início da década de 1970. No ano de 1976, foi criado oficialmente como Museu Didático de Minerais, Minérios e Rochas Professor Heinz Ebert.

O acervo que deu origem a esse museu foi proveniente da coleção pessoal do professor Heinz Ebert, que colecionou minerais, rochas e seções delgadas e polidas desde os



**Figura 38.** Acervo do Museu de Ciência e Técnica da Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto. (A) exposição geral da Sala Mineralogia I; (B) detalhe de amostras de topázio imperial; (C) o tipo de etiqueta prejudica a visualização da amostra; (D) exposição geral da Sala Mineralogia II; (E) vitrina com a escala de dureza; (F) vitrina com diversidade de hábito; (G) vitrina com diversidade de brilho. Acervo do Museu de Ciência e Técnica da Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto.

anos 1950. Ao tornar-se professor da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Rio Claro, em 1962, o professor empenhou-se na formalização de um acervo didático. Ao conseguir, doou sua coleção para iniciar o museu, posteriormente enriquecido com outras doações. A feição atual data do ano 2000, quando foi realizada uma reestruturação, com o auxílio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) (Figura 39A).

O museu possui dois espaços expositivos: o salão de exposição, com 140 m<sup>2</sup> e 5.600 amostras expostas; e o saguão do prédio, com algumas vitrinas antigas acomodadas ao longo dos corredores próximos ao museu.

O museu não é aberto à visitação pública, salvo algumas escolas locais que agendam visitas esporádicas. Isso ocorre devido à ausência de técnicos responsáveis pelo acervo. Como comparação, o Museu de Geociências da USP possui dois técnicos com a função de cuidar do acervo e um geólogo para gerir o museu, enquanto que o Museu de Mineralogia da Universidade Estadual de São Paulo (UNESP) possui um técnico, responsável pelo preparo das atividades didáticas de aula, laboratório didático, museu (organização, abertura a escolas e manutenção). Por isso, o funcionamento do museu é voltado para a comunidade acadêmica, atendendo a pesquisadores e, principalmente, alunos de graduação do curso de Geologia da UNESP.

Quando o público-alvo considerado são graduandos de Geologia, o espaço atende às necessidades dos visitantes. No entanto, quando se considera qualquer outro tipo de público-alvo, a organização do espaço expositivo é menos eficaz. Não há quaisquer sinalizações indicando o tipo de divisão temática das vitrinas e qual orientação o visitante deve seguir para melhor compreender a exposição.

O mobiliário expositivo consiste em vitrinas de madeira e acrílico, vedadas e parafusadas. Se por um lado essas vitrinas não permitem rotatividade das amostras expostas, por outro são melhores na conservação dos minerais, que são

mantidos por um período mais longo ao abrigo da poeira, necessitando ser manipulados menos vezes. Uma solução interessante para que os visitantes possam ver outros exemplares foi a colocação de portas com gavetas nos armários embaixo das vitrinas (Figura 39B). Essa adaptação da mobília permite que alunos e pesquisadores manipulem minerais previamente selecionados para esse fim, além de servir como possível abrigo para amostras excedentes, que podem sair das vitrinas mas continuar ao alcance do pesquisador. Esse é um recurso inteligente quando se dispõe de orçamento limitado: o mobiliário é ao mesmo tempo visualmente atraente e funcional, resolvendo em parte o problema de espaço para a reserva técnica, especialmente se o acervo possuir poucos exemplares. O mesmo recurso é utilizado na Coleção de Mineralogia da Universidade Técnica de Berlim.

Há muitos minerais da mesma espécie em uma só vitrina, tornando o ambiente visualmente poluído.

Os minerais radioativos não recebem nenhum tratamento diferenciado, tanto na exposição quanto na conservação. Os minerais estão expostos no saguão do departamento, sem proteção especial. As amostras da reserva técnica também não possuem tratamento diferenciado, como o acondicionamento em embalagens vedadas ou separadas de outros minerais.

Por outro lado, o museu possui um contador *geiger* com o objetivo de medir regularmente o nível de radiação emitido pela amostra, fator positivo na conservação das amostras e proteção dos trabalhadores e visitantes do museu, o que não ocorre no Museu de Geociências da USP.

### Museu Geológico da Bahia

Foi criado em 1975 pela Secretaria de Minas e Energia da Bahia ([www.mgb.ba.gov.br](http://www.mgb.ba.gov.br)). No jardim de entrada, o visitante é recepcionado por amostras grandes de minerais e rochas da Bahia. É subdividido em 14 salas com exposições temáticas.



**Figura 39.** Museu Professor Heinz Ebert da Universidade Estadual de São Paulo. (A) vista geral do espaço expositivo; (B) mobiliário utilizado ao mesmo tempo como vitrina e como armário de reserva técnica. Bonito e funcional.

A exposição de minerais apresenta suas propriedades físicas e químicas (Figura 40). Na seção Sistema Solar e Meteoritos há uma réplica do Bendegó, o maior meteorito encontrado em solo brasileiro. A exposição dos minerais-gema é bastante atrativa, com amostras lapidadas e brutas. Como curiosidade e generalidades, há a sala Energia dos Cristais, apresentando os minerais que as antigas civilizações usavam como amuleto.

#### Museu de Geociências da Universidade Federal do Pará

O início da coleção do Museu de Geociências da Universidade Federal do Pará (UFPA) se deu em 1973 por iniciativa do professor Manuel Gabriel Siqueira Guerreiro. Em 1983, o professor Marcondes Lima da Costa promoveu a reformulação e a catalogação das amostras do museu.

O museu apresenta exposição de minerais e rochas, fósseis, minerais-gema, biojoias e artesanato (Figura 41). Destaque para as biojoias, confeccionadas com sementes da palmeira jarina, planta endêmica da Amazônia. Essas sementes são consideradas gemas orgânicas raras e comparadas ao marfim animal.

#### OS MINERAIS E AS CORES

A cor é uma importante característica dos minerais, pois suas variações muitas vezes permitem a distinção entre espécies.

As variações de cor nos minerais ocorrem devido a uma série de fatores, não somente à presença de constituintes colorantes intrínsecos, mas também devido à presença de substâncias estranhas à sua composição química, além de fatores físicos, como defeitos na estrutura cristalina.

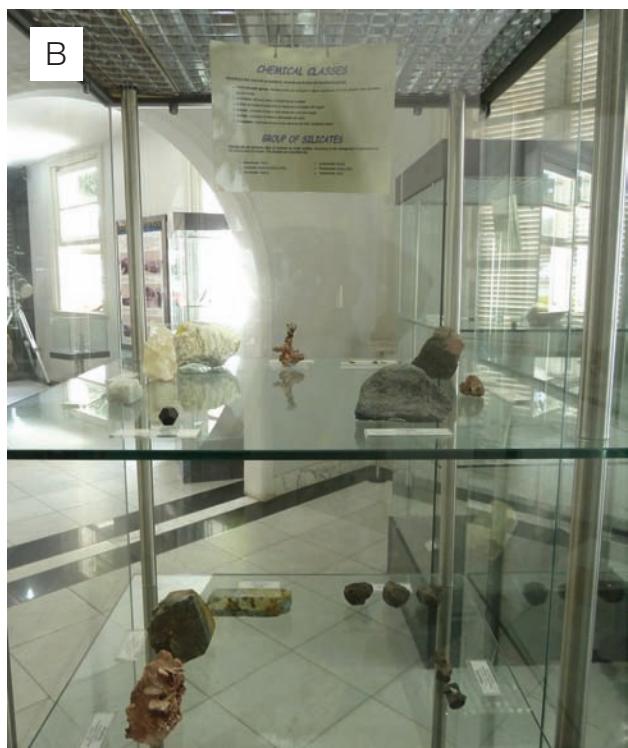
Existem três principais fatores que podem provocar mudança de coloração nos minerais: calor, luz e ionização por radiação.

Nassau (1992) descreve o paradoxo entre a luz e a cor nos minerais: ao mesmo tempo em que a luz é primordial para que o mineral tenha cor, muitos minerais só preservarão sua cor se estiverem em completa ausência de luz. Esse é o caso comum de muitos minerais de coleção, como a prata, o realgar, a vivianita, entre outros (Figura 42). Como a influência da luz sobre os minerais se dá em forma de alteração das cores, este tópico trata, simultaneamente, da constituição de cores nos minerais e do tratamento de espécimes cuja cor é afetada pela luz.

Antes de discorrer sobre a influência da luz nos minerais, é necessário identificar como ocorrem as cores nesses compostos, e para tanto, alguns conceitos como luz, luz visível, cor, entre outros, são necessários.

A luz é um tipo de radiação eletromagnética situada no espectro de ondas eletromagnéticas visíveis e não visíveis ao olho humano (Figura 43).

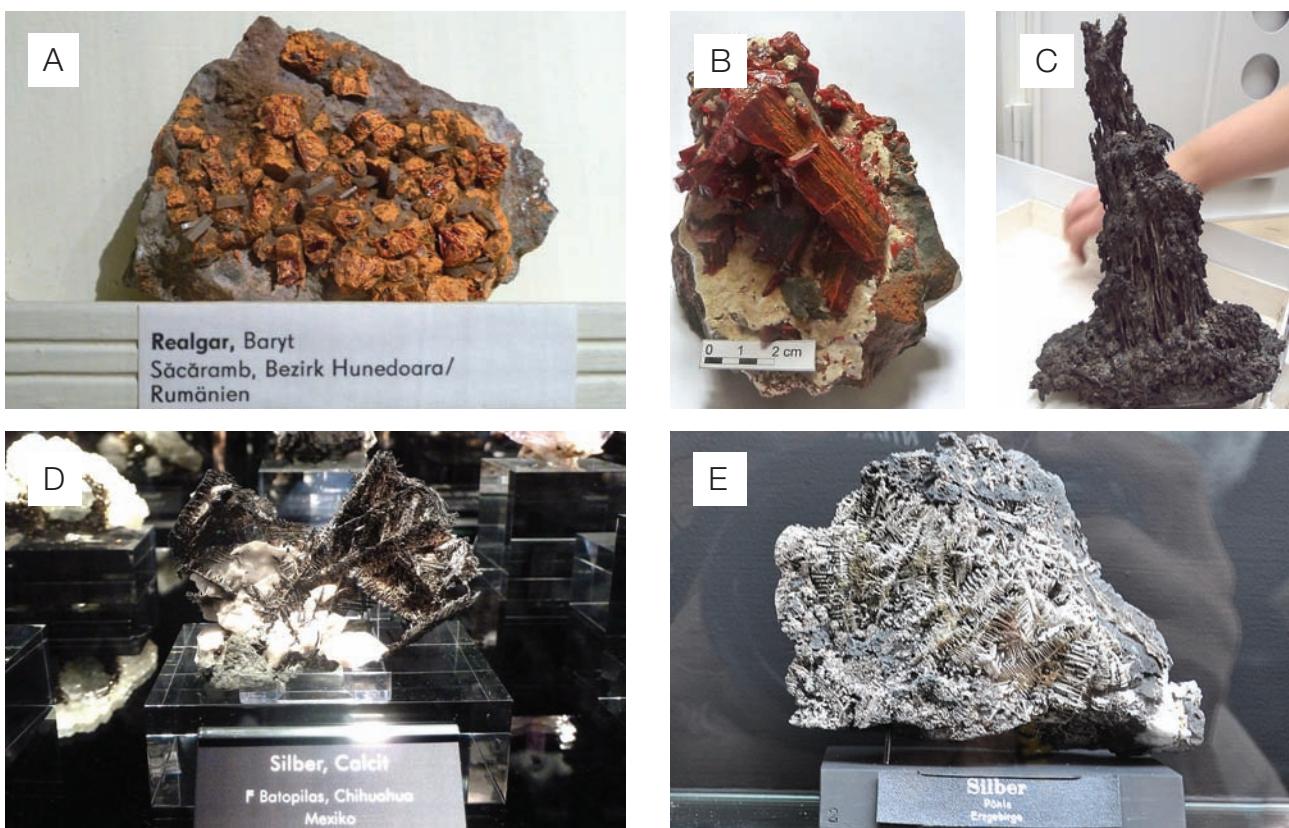
Luz visível é a faixa de comprimentos de onda, dentre todas as ondas do espectro eletromagnético, perceptível ao



**Figura 40.** Museu Geológico da Bahia. (A) vitrina sobre dureza e hábito dos minerais; (B) vitrina com a classificação química.



**Figura 41.** Museu de Geociências da Universidade Federal do Pará. (A) aspecto geral da exposição; (B) biojoias confeccionadas com jarina.



**Figura 42.** Realgar e prata. (A) realgar em estado de alteração avançado, com esfacelamento e coloração amarelo-ouro devido à ação da luz no Museum für Naturkunde Berlin; (B) cristais de realgar com a coloração vermelho-escuro preservada, a amostra é guardada em ambiente sem luz, no Museu de Geociências da Universidade de São Paulo; (C) exemplar de prata nativa, com cobertura preta devido à oxidação do metal, que formou como produto final uma camada de acantita sobre o mineral, a luz, nesse caso, funciona como catalisadora no processo de oxidação, no National Museum of Natural History; (D) exemplar de prata nativa. Nota-se o fraco brilho metálico, no Terra Mineralia; (E) exemplar de prata nativa, observar o menor grau de oxidação, na Coleção Geocientífica de Freiberg.

olho humano (de aproximadamente 380 a 740 nm). Assim, o que fisicamente distingue uma cor da outra é o seu comprimento de onda. Na luz visível, a cor vermelha é a de menor frequência, menor energia e maior comprimento de onda; e a cor violeta é a de maior frequência, maior energia e menor comprimento de onda.

Entende-se por cor o resultado da combinação entre a percepção que o olho humano tem de cada comprimento de onda do espectro visível, o tipo de iluminação a que dado objeto é submetido e, por fim, as características físico-químicas do objeto.

A cor em dado mineral resulta, essencialmente, da interação da luz com os elétrons dos átomos que o constituem, e representa um agregado de todos os comprimentos de onda não absorvidos por esse mineral (Horák, 1994). Os átomos presentes na estrutura cristalina dos minerais absorvem certos comprimentos de ondas em detrimento de outros. Os comprimentos de onda não absorvidos chegam ao olho humano em forma de cor.

A quantidade de energia da cor está contida em um fóton, a menor unidade de luz que pode existir sozinha. Quanto maior a energia de um fóton, maior a probabilidade de produção de alguma alteração. Assim, a luz azul será, geralmente, mais fotoativa do que a vermelha, e a radiação ultravioleta é sempre mais ativa do que a infravermelha, devido à sua maior frequência.

Com base no espectro da luz visível, foram descritas seis cores espectrais, componentes do espectro visível. São elas: vermelho, alaranjado, amarelo, verde, azul e violeta. A mistura de todas as cores espectrais produz a luz branca.

A frequência corresponde ao número de vibrações do raio luminoso por segundo. A frequência é dada pela razão

entre a velocidade da luz e o comprimento de onda:  $f = V/\lambda$ , onde  $f$  é a frequência do raio luminoso da luz no vácuo,  $\lambda$  é o comprimento de onda e  $V$  é a velocidade de propagação da luz no vácuo.

O comprimento de onda é indicado pela letra grega  $\lambda$  e corresponde à relação entre a velocidade de propagação da luz e a frequência de vibração do raio luminoso. As medidas de comprimento de onda mais utilizadas são o mícron ( $\mu$ ), o milimícron ( $\mu\mu$ ) e o angström ( $\text{\AA}$ ). A medida indicada no Sistema Internacional (SI) é o nanômetro (nm).

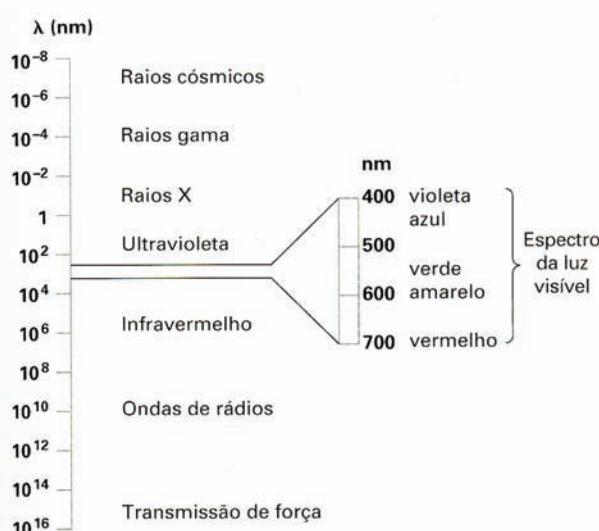
Como se pode notar pela equação citada, frequência e comprimento de onda são grandezas inversamente proporcionais. Isso é um dado importante para compreender, por exemplo, que os raios infravermelhos têm pouca energia, apesar de terem grande comprimento de onda.

Quando a luz incide sobre certo mineral, alguns comprimentos de onda são absorvidos e outros, refletidos. Os raios de luz refletidos correspondem à própria cor do mineral. O que determina a absorção de certos comprimentos de ondas em detrimento de outros é a interação que os comprimentos de onda da luz incidente terão com os átomos, moléculas e ligações químicas que compõem a estrutura do mineral.

Se uma luz branca (ou seja, todos os comprimentos de onda do espectro visível) atravessa um cristal sem absorção, o cristal será transparente e incolor. Se toda a luz incidente for absorvida, o mineral será percebido como preto. Se todos os comprimentos de onda forem absorvidos no mesmo grau, a amostra será branca opaca ou cinzenta. Finalmente, se alguns comprimentos de ondas são preferencialmente absorvidos, a combinação do espectro remanescente (ou seja, todos os comprimentos de onda que não foram absorvidos pelo cristal) é percebida como cor.

Quando a radiação eletromagnética entra em contato com o mineral, os comprimentos de onda, cuja energia corresponde exatamente à diferença de energia entre os níveis eletrônicos dos átomos, serão absorvidos, resultando na excitação de elétrons de um nível para o outro. Nos minerais coloridos, as diferenças energéticas entre níveis eletrônicos estão no campo da luz visível. Dessa forma, quando uma luz branca incide sobre um mineral, certos comprimentos de onda são absorvidos e, assim, removidos do espectro, causando excitação dos elétrons nesses níveis.

A cor é uma importante propriedade óptica do mineral, talvez a primeira característica observada. Em alguns minerais ela é marcante e serve como forma de distinção daquela espécie. No entanto, para muitos minerais, a cor é variável e, por essa razão, não é uma característica distintiva confiável. Em oposição aos minerais de brilho metálico, que quase não variam em cor, os minerais não metálicos variam em uma gama enorme de tonalidades. Por isso existem poucos minerais cuja coloração pode ser utilizada como diagnóstico confiável da espécie mineral. Tem-se, assim, a classificação de minerais idiomárquicos (o mineral apresenta cor



Fonte: Klein e Dutrow, 2012.

**Figura 43.** Espectro eletromagnético, com destaque para o espectro da luz visível.

característica) e minerais alocromáticos (minerais que não apresentam cor característica).

Minerais idiocromáticos são aqueles nos quais a cor é produzida essencialmente pelos elementos que o formam. Esse é o caso da malaquita  $[\text{Cu}_2(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2]$ , azurita  $[\text{Cu}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2]$ , realgar (AsS) e ouro-pigmento ( $\text{As}_2\text{S}_3$ ), entre outros. Metais de transição da tabela periódica (Cr, Co, Cu, Fe, Mn, Ni, Ti e V), quando comprovadamente responsáveis pela coloração do mineral, são chamados de elementos cromóforos (Tabela 4). A palavra cromóforo é derivada do grego e significa “aquel que causa a cor. Desta forma, a cor pode ser usada como propriedade diagnóstica apenas quando o elemento causador da cor é essencial para o mineral” (Klein e Dutrow, 2012). Diferentes configurações dos elétrons dos átomos cromóforos permitem que um único elemento produza muitas cores. É o que acontece com o cobre na malaquita (cor verde) e na azurita (cor azul).

Já os minerais alocromáticos são incolores em sua forma pura, mas a presença de pequenas quantidades de impurezas em sua estrutura molecular (geralmente os mesmos metais de transição citados anteriormente, que ocorrem apenas como traço, *vide* Tabela 5) ou pequenas imperfeições nas lacunas atômicas são capazes de produzir diferentes colorações. A radiação natural produzida por elementos radioativos é geralmente responsável pela produção de centros de cor nos minerais alocromáticos.

De acordo com Nassau (2001) existem 15 causas para o aparecimento da cor, 10 delas aplicáveis aos minerais.

Neste trabalho serão apresentados os quatro processos mais relevantes para a formação da cor nos minerais, sendo três tipos de processos eletrônicos (transições de campo cristalino, transição de orbitais moleculares e centros de cor) e um processo físico (impurezas sólidas).

### Transições do campo cristalino

Na estrutura cristalina, as cargas negativas dos íons coordenados criam um campo eletrônico sobre o íon central do metal de transição. Esse campo eletrônico que é formado, chamado de campo cristalino, possui forma e simetria específicas, como resultado do número de ânions, sua distância com relação ao cátion e suas cargas.

As transições de campo cristalino são transições de elétrons entre os orbitais  $3d$  parcialmente preenchidos dos elementos de transição (Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni e Cu) ou orbitais  $4d$  parcialmente preenchidos dos lantanídeos e actinídeos (Família 3 da tabela periódica). Desses elementos, o Fe é o mais abundante na crosta terrestre, razão pela qual é o elemento responsável pela cor na maioria dos minerais (Klein e Dutrow, 2012).

Os elétrons instáveis do orbital  $3d$  podem ser excitados pela energia dos raios do espectro visível. Essas transições eletrônicas são a base para a formação da cor. Pode-se entender esse mecanismo utilizando-se do contraste com os gases nobres, naturalmente estáveis. Neles não há essa transição energética, portanto, são todos incolores.

Um campo cristalino qualquer, com o orbital  $d$  parcialmente preenchido, divide-se em dois diferentes níveis de energia, o nível de base (*ground state*, o estado de menor energia iônica, momento em que o íon não está interagindo eletricamente com nenhum tipo de energia) e o estado de excitação (estado no qual o íon está em seu alto nível energético). Essa diferença energética ( $\Delta E$ ) corresponde a comprimentos de ondas de fótons no campo da luz visível. Assim, tem-se a presença da cor.

As interações de campo cristalino podem ocorrer devido a alguns fatores: a geometria exata do espaço onde o elemento de

**Tabela 4.** Alguns exemplos de elementos cromóforos e as cores nos minerais idiocromáticos.

Elemento	Cor	Mineral	Fórmula química
Cromo (Cr)	Laranja	Crocoíta	$\text{Pb}(\text{CrO}_4)_2$
	Azul	Azurita	$\text{Cu}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2$
		Turquesa	$\text{Cu}(\text{Al},\text{Fe}^{2+})_6(\text{PO}_4)_4(\text{OH})_8 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$
Cobre (Cu)	Verde	Crisocola	$\text{Cu}_{2-x}\text{Al}_x(\text{H}_{2-x}\text{Si}_2\text{O}_5)(\text{OH})_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ( $x < 1$ )
	Vermelho	Dióptasio	$\text{CuSiO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$
		Malaquita	$\text{Cu}_2(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2$
Ferro (Fe)	Azul	Cuprita	$\text{Cu}_2\text{O}$
	Verde	Lazulita	$(\text{Mn},\text{Fe}^{2+})\text{Al}_2(\text{PO}_4)_2(\text{OH})_2$
	Vermelho	Olivina	$(\text{Mg},\text{Fe}^{2+})_2\text{SiO}_4$
Manganês (Mn)	Amarelo	Almandina	$\text{Fe}_3^{2+}\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3$
	Rosa	Goethita	$\alpha\text{-Fe}^{3+}\text{O}(\text{OH})$
	Laranja	Rodocrosita	$\text{MnCO}_3$
Urânio (U)	Amarelo	Rodonita	$\text{MnSiO}_3$
		Spessartina	$\text{Mn}_3^{2+}\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3$
		Autunita	$\text{Ca}(\text{UO}_2)_2(\text{PO}_4)_2 \cdot 11\text{H}_2\text{O}$
		Carnotita	$\text{K}_2(\text{UO}_2)_2(\text{VO}_4)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$

Fonte: Nassau, 1978.

transição está hospedado; a força do campo cristalino (tipos de ligação química) e a maneira como o olho humano interpreta os padrões de transmissão dos comprimentos de onda.

Alguns dos minerais que têm sua cor devido a interações de campo cristalino são berilo (esmeralda e morganita), coríndon (rubi), turmalina (rubelita), granada (spessartina, andradita e alamandina), crisoberilo, turquesa e olivina (peridot).

Tanto o coríndon ( $Al_2O_3$ ) quanto o berilo ( $Be_3Al_2Si_6O_{18}$ ) são incolores quando sua composição química corresponde à fórmula ideal, já que não possuem nenhum elemento de transição em sua composição química. Em ambos os casos os octaedros de  $Al^{3+}$  podem ser substituídos por  $Cr^{3+}$ , causando divisão de campo cristalino com dois picos de absorção no espectro, que produz a variedade verde do berilo (esmeralda) e a variedade vermelha do coríndon (rubi).

No caso do rubi, as ligações são predominantemente iônicas, por isso a divisão do campo cristalino é mais forte. A separação causa absorção com um pico no violeta e outro no amarelo. Subtraindo essas duas cores do espectro branco sobra vermelho, laranja e azul, cores entre as quais transita o vermelho típico do rubi (Klein e Dutrow, 2012).

Na esmeralda, como em todos os silicatos, a ligação química predominante é a iônica-covalente e, assim como no rubi, o  $Cr^{3+}$  substitui o  $Al^{3+}$ . No entanto, a divisão do campo cristalino é mais fraca do que no coríndon (pois na esmeralda há ligações covalentes e no coríndon, não). Assim, as bandas de absorção são substituídas em direção a níveis mais baixos de energia. Comprimentos de ondas mais altos, com picos no azul e laranja, resultam na cor verde da esmeralda. A quantidade de elementos de transição presentes influencia na intensidade da cor. Por isso, quanto mais cromo presente, mais forte será o verde da esmeralda.

### *Transições de orbitais moleculares (ou transições de transferência de carga)*

As transições de orbitais moleculares ou de transferência de carga ocorrem se a valência dos elétrons for transferida para cátions adjacentes que tenham cargas variáveis, compartilhando orbitais. Um elétron que está numa dada posição absorve radiação e ganha energia. Essa energia absorvida permite que o elétron ocupe o lugar dos elétrons com nível

**Tabela 5.** Alguns exemplos de minerais alocromáticos coloridos por metais de transição como impurezas.

Elemento	Cor	Mineral	Fórmula química
Cromo (Cr)	Verde	Esmeralda	$Be_3Al_2(Si_6O_{18})$
		Grossulária	$Ca_3Al_2(SiO_4)_3$
		Turmalina com Cr	$A(D)_3Cr^{3+}(Si_6O_{18})(BO_3)_3X_3Z$ A=Ca, Na, K D=Al, Fe <sup>2+</sup> , Fe <sup>3+</sup> , Li, Mg <sup>2+</sup> , Mn <sup>2+</sup> X=O e/ou OH Z=F, O e/ou OH
		Jade	$Na(AlFe^{3+})Si_2O_6$
Ferro (Fe)	Verde	Turmalina	$A(D)_3G_6(Si_6O_{18})(BO_3)_3X_3Z$ A=Ca, Na, K D=Al, Fe <sup>2+</sup> , Fe <sup>3+</sup> , Li, Mg <sup>2+</sup> , Mn <sup>2+</sup> G=Al, Fe <sup>3+</sup> , Cr <sup>3+</sup> , V <sup>3+</sup> X=O e/ou OH Z=F, O e/ou OH
		Crisoberilo	$BeAl_2O_4$
		Citrino	$SiO_2$
		Ortoclásio	$KAl(Si_3O_8)$
Manganês (Mn)	Rosa	Morganita	$Be_3Al_2(Si_6O_{18})$
		Espodumênio	$LiAl(Si_2O_6)$
		Turmalina	$A(D)_3G_6(Si_6O_{18})(BO_3)_3X_3Z$ A=Ca, Na, K D=Al, Fe <sup>2+</sup> , Fe <sup>3+</sup> , Li, Mg <sup>2+</sup> , Mn <sup>2+</sup> G=Al, Fe <sup>3+</sup> , Cr <sup>3+</sup> , V <sup>3+</sup> X=O e/ou OH Y=F, O e/ou OH
		Crisoprásio	$SiO_2$
Níquel (Ni)	Verde	Apofilita	$KCa_4(Si_8O_{20})(F,OH).8H_2O$
		Grossulária	$Ca_3Al_2(SiO_4)_3$
		Esmeralda	$Be_3Al_2(Si_6O_{18})$

Fonte: Nassau, 1978.

de energia mais alto. Assim que essa energia é perdida, o elétron volta ao seu nível inicial.

Quando um elétron muda para uma posição já ocupada por outro, os dois se repelem, e por isso ficam continuamente mudando de posição, o que confere formas geométricas diferentes aos átomos. Essa posição confere ora uma carga, ora outra carga ao átomo. Isso faz com que as mudanças de valência ocorram. As mais comuns são:  $\text{Fe}^{2+}$  para  $\text{Fe}^{3+}$  (e vice-versa) e  $\text{Fe}^{2+}$  para  $\text{Ti}^{4+}$  (e vice-versa).

A energia absorvida nesse processo reversível corresponde a fótons de comprimentos de onda do espectro da luz visível e é típico dos minerais com tonalidade azul intensa, como glaucofânio (anfibólio azul), crocidolita, cianita (variedade azul) e safira (variedade azul do coríndon). Nesses casos, os elementos cromóforos ocorrem apenas como traços, em quantidades mínimas suficientes para causar a cor nos minerais, mas não para constituir sua fórmula química.

### Centros de cor

Em alguns minerais a cor é causada por defeitos na estrutura cristalina do mineral, mais comumente vacâncias ou impurezas intersticiais. Esses defeitos são chamados de centros de cor.

Tais defeitos podem ser elétrons em excesso, livres de qualquer átomo, ou presos em algum defeito estrutural, como a falta de um íon ou impurezas intersticiais. O oposto também ocorre e a ausência de elétrons tem o mesmo efeito. Esses defeitos são conhecidos como centros de cor e são causados basicamente por três fatores:

- exposição do mineral a altos níveis de radiação;
- alta quantidade de cátions no ambiente durante o crescimento cristalino;
- remoção de íons do cristal por aplicação de campo eletrônico.

Em um dado mineral, um elétron pode ser expulso do seu local inicial por alta quantidade de radiação, ou há ausência de elétrons devido à alta quantidade do cátion correspondente durante o crescimento do cristal. Essa vacância pode ser preenchida por um elétron qualquer, para que se mantenha o equilíbrio. Esse novo elétron é controlado pelos outros que o rodeiam e pode estar em qualquer nível de energia. O movimento desses elétrons por diferentes orbitais pode provocar absorção de cores ou até mesmo fluorescência.

É necessário pensar na estrutura mineral ao nível da cela unitária; é a repetição dos eventos atômicos que ocorrem nas celas que resultará na cor final do mineral.

Existem dois defeitos de estrutura cristalina mais conhecidos como responsáveis pelos centros de cor, o defeito de Frenkel e o defeito de Schottky (Figura 44).

No defeito de Frenkel os íons são desalojados de seu sítio habitual devido às vibrações térmicas e migram para outro local na estrutura, onde normalmente não haveria

íons. Assim, tem-se contraditoriamente dois defeitos em uma única estrutura cristalina: vacância e excedente de íons, que podem ser tanto negativos quanto positivos. Esse tipo de defeito é decorrente de alterações térmicas.

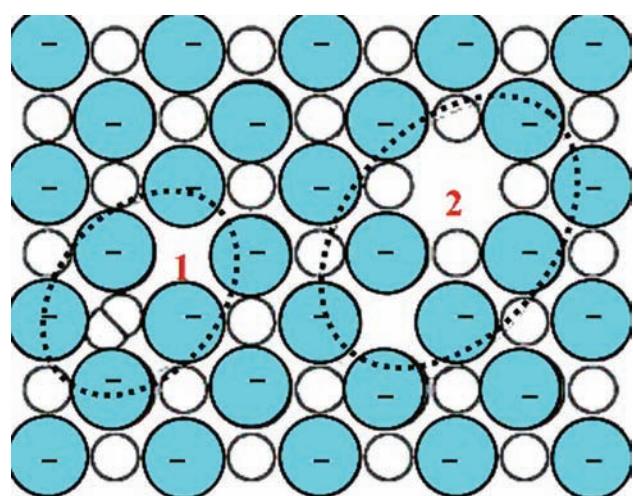
Já no defeito de Schottky, há dois íons vacantes, um par positivo-negativo na busca pelo equilíbrio local, removidos de diferentes sítios da estrutura cristalina para a superfície do cristal, criando lacunas na estrutura.

Ambos os defeitos são possíveis porque não importa para onde os elétrons se movam dentro da estrutura cristalina, desde que ela se mantenha sempre com a carga total neutra (Nassau, 2001).

A maior parte dos minerais coloridos devido a centros de cor são estáveis à luz e somente alteram sua cor quando aquecidos. Outros, que particularmente interessam neste trabalho, possuem centros de cor instáveis e perdem sua coloração quando expostos à luz por tempo prolongado. Centros de cor podem ser induzidos artificialmente por aquecimento, caso da coloração artificial de cristais de diamante verdes, amarelos e azuis. Os centros de cor são responsáveis pelas tonalidades fumê, violeta e amarela do quartzo e pela cor púrpura da fluorita.

### Impurezas sólidas

Além de processos de instabilidade eletrônica vistos anteriormente, a mistura de impurezas ocorre quando um mineral, normalmente incolor, é misturado com outros minerais durante seu processo de formação. Um exemplo é o quartzo verde, tingido por resíduos de clorita dispersos no ambiente



Fonte: Zhigilei, 2012.

**Figura 44.** Os dois principais defeitos causadores de centros de cor. O número 1, Frenkel, ilustra um par de íons que se desloca do sítio original e se acomoda em um interstício. O número 2, Schottky, ilustra a lacuna na estrutura, deixada por um par de íons com cargas opostas, que se deslocam de seus sítios originais para a superfície do cristal.

de formação. Outros exemplos são jaspe, feldspato e calcita tingidos pela hematita, um dos minerais mais conhecidos por sua larga utilização como pigmento ao longo da história. Uma vez que se trata de um processo ocasional, a cor desses minerais não pode ser tomada como propriedade diagnóstica.

Uma relação completa das dez possíveis causas da ocorrência de cor nos minerais pode ser encontrada em Nassau (2001).

A Tabela 6 discrimina a causa de cor de alguns minerais. Essa tabela é reproduzida aqui conforme a fonte original, mas ametista, safira, tanzanita e rubi não são nomes de minerais e sim variedades de quartzo, coríndon, zoisita e coríndon, respectivamente. Ressalta-se aqui que a International Mineralogical Association (IMA) não reconhece as denominações das variedades.

Além das cores, a luz é responsável por outros fenômenos, tais como luminescência (fluorescência, fosforescência), *chatoyance* (acatassolamento), asterismo, entre outros.

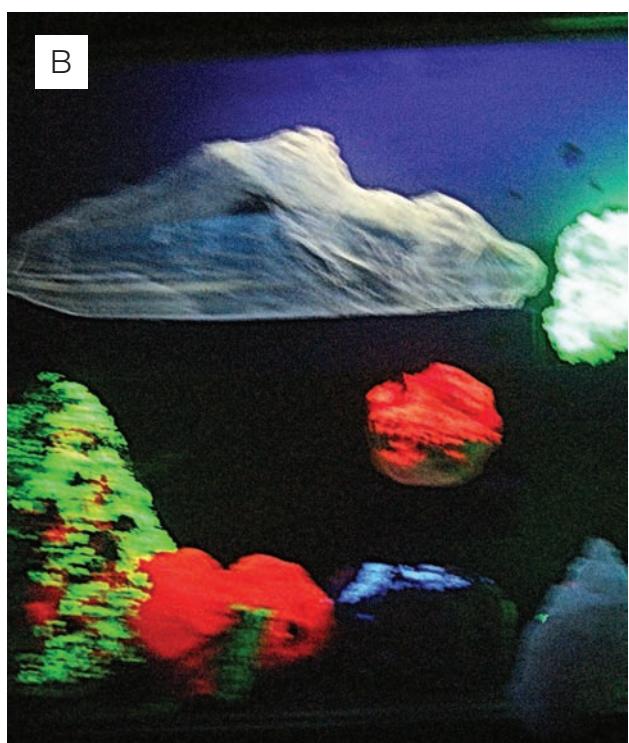
A fluorescência tem esse nome porque o fenômeno foi primeiramente observado na fluorita, apesar de também ocorrer em outros minerais quando são submetidos à radiação ultravioleta (UV) (Figura 45). Esses minerais reemitem a radiação aplicada neles em forma de luz do espectro visível. Esse termo é usado genericamente em casos de emissão de radiação eletromagnética, produzido por transição energética, não só no espectro visível. A fluorescência é um tipo de luminescência, na qual a transição de energia ocorre por radiação eletromagnética incidental. Outras causas de luminescência são: reações químicas, decaimento radioativo e corrente elétrica.

É comum haver confusão entre os termos fluorescência e fosforescência. Esses fenômenos diferem apenas no tempo em que o elétron demora em retornar ao nível de base. Na fluorescência, níveis de energia mais baixos, que ficam vacantes durante a excitação dos elétrons, são preenchidos em frações de segundos. Já na fosforescência, o material

**Tabela 6.** Causas da cor em alguns minerais comuns em coleções.

Causa da cor	Mineral/variedade
Centro de cor	Ametista, quartzo fumê, topázio azul, fluorita, halita (azul e amarela)
Transições de transferência de carga	Safira azul, tanzanita, cianita (azul), crocoíta, lazurita e vivianita
Transições de campo cristalino	Azurita, rubi
Impurezas sólidas	Quartzo verde

Fonte: Nassau, 1978.



**Figura 45.** Museu de História Natural da Universidade de Oxford. (A) cabine de exposição para minerais fluorescentes; (B) minerais sob luz ultravioleta demonstrando a propriedade de fluorescência no interior da cabine ao lado.

pode continuar retransmitindo energia até horas após o término da incidência de radiação (Klein e Dutrow, 2012). Uma vez que o processo de reposição eletrônica configura absorção de radiação eletromagnética, quando os elétrons retornam aos seus estágios iniciais, eles emitem radiação. Essa radiação emitida pelos elétrons é sempre de menor energia que a emitida para desalojá-los ao nível mais alto, no estado de excitação. A energia emitida pelo elétron em seu retorno tem um comprimento de onda específico, correspondendo à diferença entre a energia no estado de excitação e no estado inicial. Os elementos U, Cr, Mn e W são ativadores de fluorescência; já os elementos Fe, Co e Ni a inibem.

Sob ação da luz, alguns minerais têm aparência sedosa, que resulta da forma paralelamente compacta das fibras ou de arranjos paralelos de inclusões ou cavidades. Quando uma gema é lapidada em forma de cabochão, ela apresenta uma faixa de luz em ângulos retos com o comprimento das fibras ou na direção das inclusões. A esse fenômeno se dá o nome de chatoyance (Figura 46A), ou efeito olho-de-gato, já que tal característica é observada no mineral olho-de-gato (variedade gemológica do crisoberilo) e no olho-de-tigre (crocidolite fibrosa preenchida por quartzo).

Em alguns cristais, mais comumente do sistema trigonal, as inclusões podem ser arranjadas em três direções cristalográficas de 120° uma da outra. Um cabochão lapidado de um mineral como esse apresenta um efeito de tripla chatoyance chamado de asterismo (Figura 46B). Esse fenômeno pode ser observado em rubi e safira estrelados ou quartzo

rosa, originado pela inclusão de rutilo em três direções cristalográficas preferenciais.

### Mudanças de cor em minerais induzidas pela ação da luz

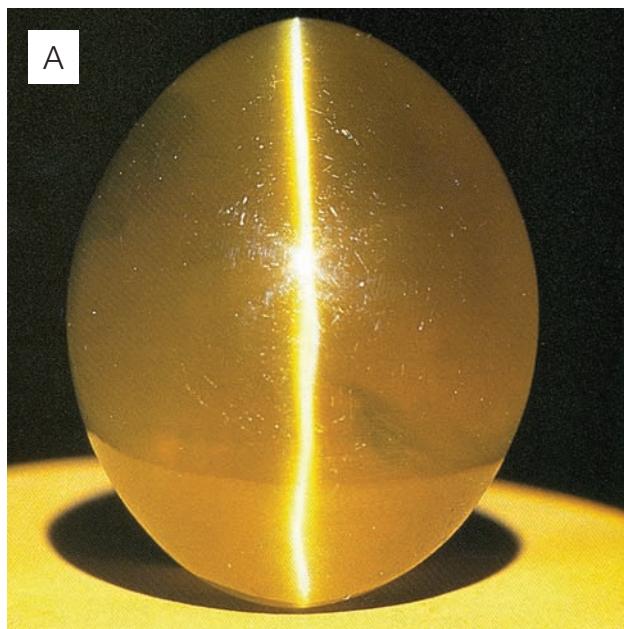
A maioria das 4.849 espécies minerais conhecidas (Mindat, 2014) apresenta estabilidade de cores em exposição à luz. Cerca de 4% desse total apresenta algum tipo de suscetibilidade em relação à luz.

Em algumas reações de fotodecomposição os produtos resultantes do processo acabam por retardar a degradação; em outras, esses produtos podem acelerar o processo, caso sejam ácido, alcalino, sulfeto de hidrogênio, peróxido de hidrogênio, entre outros (Nassau, 2001).

A preocupação em conservar a coloração original dos minerais é oportuna, uma vez que os minerais mais suscetíveis à luz, como o realgar (AsS), mostram mudança de coloração em poucos dias após sua exposição em ambientes museológicos. Por isso, quase todas as amostras de realgar observadas em visitas técnicas durante este estudo apresentavam-se amarelo-ouro, e não mais vermelho.

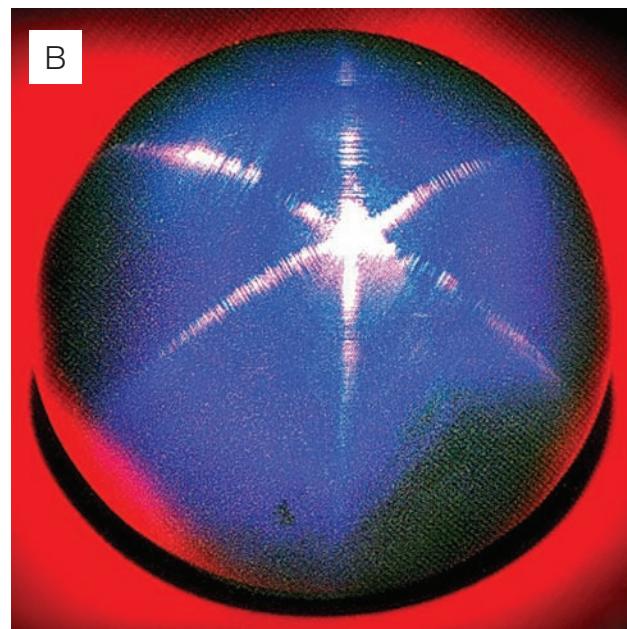
As mudanças de cor em minerais são divididas em dois grupos:

- (1) mudanças de coloração sem alteração na estrutura do mineral, não afetando, portanto, sua estabilidade;
- (2) mudanças de cor associadas a alterações físico-químicas no mineral (aqui se incluem também minerais nos quais



Fonte: Post, 1997.

**Figura 46.** Chatoyance. (A) amostra de crisoberilo amarelo (olho-de-gato) com chatoyance; (B) amostra de safira astérica, com efeito de tripla chatoyance ou asterismo.



as reações de oxidação são aceleradas pela presença da luz). Nesse caso, as mudanças estruturais podem resultar na formação de reagentes metaestáveis, por isso necessitam de uma conservação em longo prazo.

É importante frisar que nem todas as mudanças de coloração nos minerais são permanentes. Alguns minerais, como nefelina  $[(Na,K)AlSiO_4]$ , celestina ( $SrSO_4$ ) e hackmanita (variedade de sodalita,  $Na_8Al_6Si_6O_{24}Cl_2S$ ) retomam sua coloração original após um período específico de armazenamento ao abrigo da luz. Embora muitos espécimes não revertam naturalmente sua coloração à inicial, ela pode ser retomada por meio de tratamento de aquecimento ou irradiação. Novamente, essa é uma alternativa para quando o mineral não é único exemplar disponível para pesquisa, pois a recoloração tira o valor científico do material. A recuperação de cor por aquecimento ou irradiação é indicada para melhorar a aparência de minerais gemológicos em exposição ou para fins didáticos.

As mudanças de cor resultantes de interferência de luz nos minerais ocorrem porque a luz é uma forma de energia, e por isso consegue ativar reações químicas na estrutura do mineral, causando mudanças no arranjo dos elétrons, que se acomodam em nova organização espacial a fim de manterem o equilíbrio. Tal rearranjo faz com que os elementos presentes no mineral permaneçam os mesmos, porém, com uma nova estrutura cristalina, que por sua vez modifica a absorção da luz, resultando em novas cores.

A vivianita  $[Fe_3^{2+}(PO_4)_2 \cdot 8H_2O]$  exemplifica a situação descrita anteriormente: o mineral fresco é incolor, e assim que entra em contato com a luz, um fóton atinge o cristal transparente e reage com um núcleo de hidrogênio de uma das oito moléculas de água, convertendo-a em um ânion

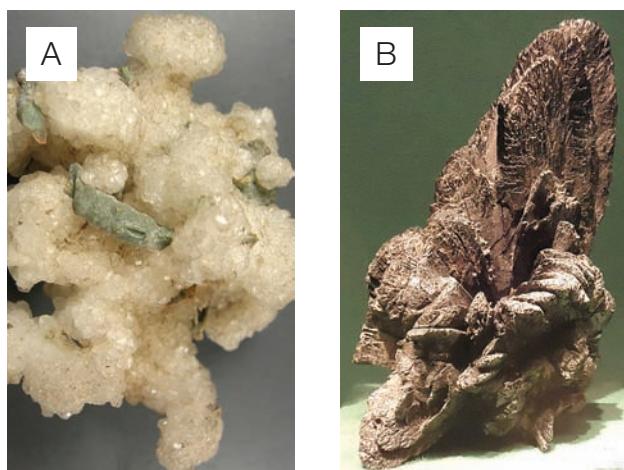
de hidroxila ( $OH^-$ ). Essa carga negativa é equilibrada pela oxidação de um átomo de ferro, cujo estado de valência vai de  $Fe^{2+}$  para  $Fe^{3+}$ . O próton hidrogênio, liberado facilmente, migra através da rede cristalina (Petrov, 2006). Essa reação provoca modificação no arranjo atômico da vivianita e em sua absorção de luz. Logo, qualquer vivianita encontrada em ambiente de museu não será incolor, pois já estará oxida (Figura 47). A alteração da cor começa com verde, depois azul, e por fim preto azulado (Nassau, 1992).

Em consequência das reações descritas, pode-se aferir que os minerais encontrados em coleções não são mais vivianitas, e sim metavivianitas, cuja fórmula química é  $Fe^{2+}Fe^{3+}_2(PO_4)_2(OH)_2 \cdot 6H_2O$

A razão pela qual a maioria dos minerais é estável na presença da luz visível e UV está no fato de que o nível energético presente nessas luzes é muito baixo para que haja alteração da configuração eletrônica do mineral. Mas quando a cor de um mineral provém de um centro de cor, a energia presente nessas luzes pode remover o elétron responsável pela impureza formadora da cor, alterando ou até mesmo eliminando o centro de cor. A eliminação do centro de cor resulta no desaparecimento da cor do mineral, e sua alteração resulta na absorção de outros comprimentos de onda e consecutiva alteração de cor.

A energia requerida para que haja remoção do centro de cor é conhecida como nível alvejante. A maioria dos centros de cor é alterada somente por alta radiação iônica, da ordem de aproximadamente um milhão de elétron-volts (eV) ou por aquecimento.

Exceções a essa regra são exemplificadas pelos seguintes minerais alocromáticos: fluorita ( $CaF_2$ ), barita ( $BaSO_4$ ) e celestina ( $SrSO_4$ ), que têm baixo nível alvejante, por isso



**Figura 47.** Mudanças de cor induzidas pela ação da luz. (A) a vivianita  $Fe_3^{2+}(PO_4)_2 \cdot 8H_2O$  é um mineral incolor que se torna azul (metavivianita) aos primeiros contatos com a luz. Altura da fotografia: 3 cm. Acervo: Museu de Geociências da Universidade de São Paulo; (B) a exposição contínua da luz na vivianita altera sua cor para preta azulada. Altura da fotografia: 100 cm. Acervo: Museu de Mineralogia da Universidade de Hamburgo; (C) cristais métricos de vivianita encontrados em Anloua, Camarões, África. Acervo: Museu de Mineralogia da Escola de Minas de Paris.

seus centros de cor são facilmente modificados pela absorção da luz UV e visível.

Recomenda-se que todos os minerais que apresentem fluorescência sob a luz UV sejam protegidos contra prolongadas exposições a quaisquer fontes luminosas. Gemas que tiveram sua coloração realçada por processos de aquecimento ou irradiação iônica também são suscetíveis à luz em geral. Nessa categoria ressalta-se o topázio marrom, a safira amarela e o berilo azul.

A luz também induz reações de oxidação que geram produtos de decomposição e geralmente ocorrem em minerais idiocromáticos, podendo causar uma completa transformação do espécime, caso haja exposição prolongada à luz, a menos que os próprios produtos finais criem algum tipo de proteção na amostra que limitem a penetração dos raios luminosos. Um exemplo é o que ocorre com a crocoíta, mineral de cor laranja e que escurece ao ser exposto à luz, que acelera reações entre a superfície do mineral e a umidade e os poluentes presentes no ar (Nassau, 1992).

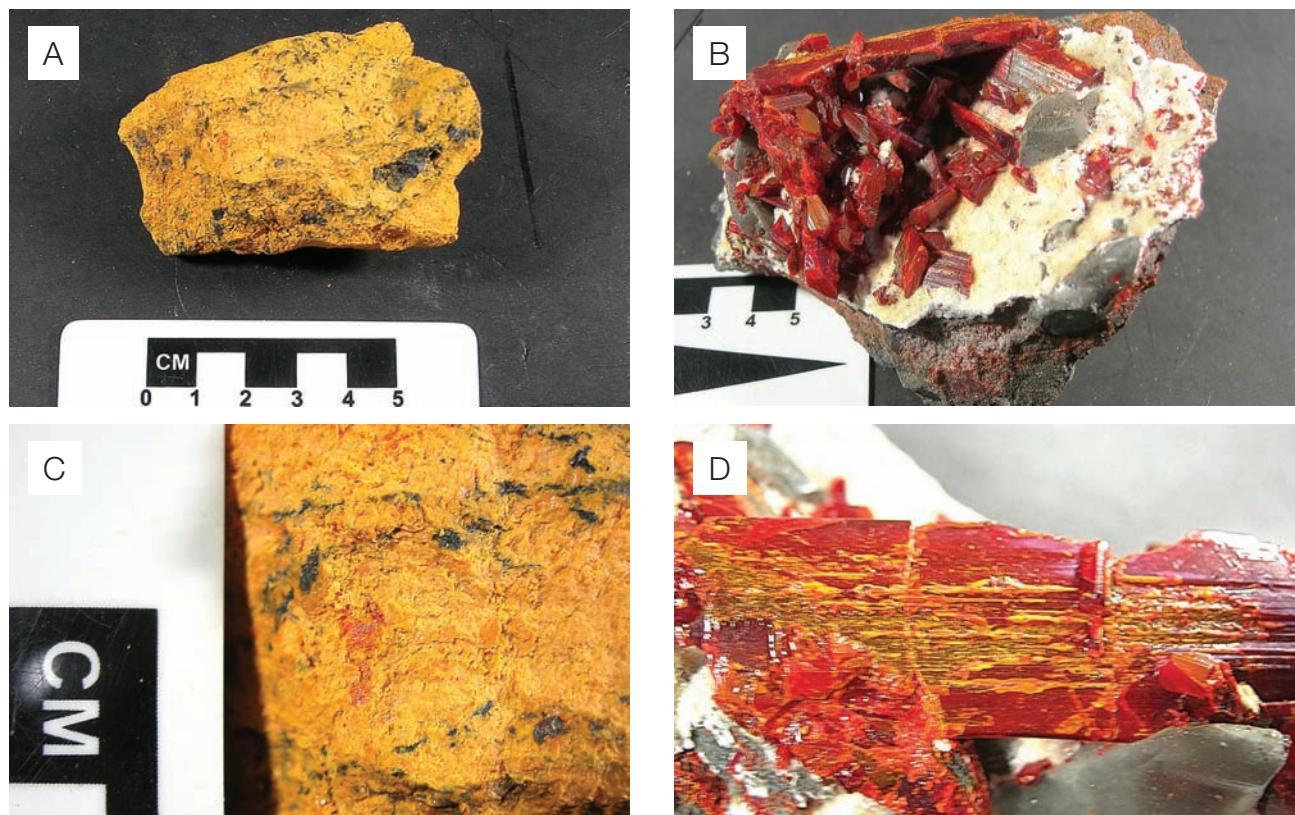
Os principais minerais de coleções museológicas que apresentam esse comportamento são: cuprita ( $Cu_2O$ ), realgar

(AsS) e compostos de prata (Ag). O realgar vermelho, frequentemente conhecido por se transformar em ouro-pigmento (Figura 48), na verdade busca o equilíbrio e se adequa na fase pararrealgar, com a mesma composição química do realgar vermelho, porém, com outra estrutura cristalina. Um exemplar de realgar começa a se reestruturar em pararrealgar a partir de 60 horas em exposição à luz do sol filtrada. Sem filtro, essa reestruturação começa a partir da primeira hora de exposição (Horák, 1994).

Uma reação similar ocorre com o cinábrio ( $HgS$  - trigonal), que após a oxidação pela luz se estabiliza em metacinábrio ( $HgS$  - isométrico).

A Tabela 7 reúne os minerais fotossensíveis mais comuns em coleções geológicas, a descrição da mudança ocorrida e as condições de armazenamento indicadas. Seguem algumas observações de alguns desses minerais.

Apesar de argentita e acantita aparecerem sempre como sinônimos, há uma diferença entre esses dois minerais: ambos possuem a mesma fórmula química. No entanto, sob pressão atmosférica, a argentita é estável acima de 177°C, quando se apresenta no sistema cúbico, enquanto que a acantita é



**Figura 48.** Realgar. (A) amostra de realgar completamente alterada para pararrealgar; (B) amostra de cristais grandes de realgar que não é exposta. Nota-se visivelmente a diferença de cor entre a amostra sã e a Figura 48D; (C) detalhe da amostra da Figura 48A: um pequeno ponto da amostra resistiu à alteração de cor; (D) detalhe do cristal de realgar da Figura 48B: a amostra ficou menos de dois meses em exposição, sem luz direta, e já se notam estriadas de alteração (laranja) no cristal. Acervo: Museu de Geociências da Universidade de São Paulo.

estável abaixo dessa temperatura e se apresenta sob o sistema monoclínico. Todo sulfeto de prata encontrado em ambientes museológicos será, portanto, acantita, e não argentita.

A calcocita é geralmente confundida com a djurleíta, outro mineral de sulfeto de cobre. A identificação correta só pode ser feita por difração de raios X. A djurleíta,  $\text{Cu}_{31}\text{S}_{16}$ , pertence ao sistema monoclínico, enquanto que a calcocita,  $\text{Cu}_2\text{S}$ , também pertencente ao sistema monoclínico, rearranja-se no sistema hexagonal após 105°C (calcocita de alta temperatura).

Assim como a vivianita, a hackmanita perde a cor logo que entra em contato com a luz. A cor pode ser resgatada pelo armazenamento em local escuro, mas geralmente só se resgata a cor sob radiação UV (Nassau, 2001). Na verdade, o mineral que se encontra em exibições museológicas é a metavivianita,  $\text{Fe}^{2+}\text{Fe}^{3+}_2(\text{PO}_4)_2(\text{OH})_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ , uma fase

já alterada da vivianita, cujas transformações iniciam-se ao primeiro contato do mineral com qualquer tipo de luz.

A IMA não reconhece o termo lepidolita (mica lilás). Ela pertence à série polilitonita  $[\text{KLi}_2\text{Al}(\text{Si}_4\text{O}_{10})(\text{F},\text{OH})_2]$  - trilitonita  $[\text{K}(\text{Li},\text{Al})_3(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})(\text{F},\text{OH})_2]$ . O nome é apenas um termo petrográfico.

Uma relação completa de amostras fotossensíveis pode ser encontrada em Nassau (1992).

As mudanças de cor em minerais são geralmente irreversíveis por dois motivos: ou porque as mudanças de cor envolvem produtos de decomposição, ou porque a reversão do processo inclui tratamento da amostra com altas quantidades de energia, como aquecimento ou irradiação. Exceções: sulfeto de prata ( $\text{AgS}$ ) e minerais de sulfoarsenetos como a proustita ( $\text{Ag}_3\text{AsS}_3$ ). Nesses casos, as reações de oxidação envolvem produtos que formam apenas uma camada fina

**Tabela 7.** Minerais fotossensíveis, modificações sofridas, tipo de suscetibilidade e condições de armazenamento.

Espécie mineral	Fórmula química	Tipo de mudança de cor	Comprimento de onda	Condições de armazenamento
Acantita/argentita	$\text{Ag}_2\text{S}$	Escurecimento	Luz visível	Sob luz de baixa intensidade (50 a 200 lux)
Berilo	$\text{Be}_3\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{18}$	Do azul para rosa ou incolor	Luz visível	Proteção contra luz visível e ultravioleta
Bromargirita	$\text{AgBr}$	De prateado para escuro, devido à liberação de prata	Luz visível	
Calcocita	$\text{Cu}_2\text{S}$	De azul para verde	Luz visível	Sob luz de baixa intensidade (50 a 200 lux)
Celestina	$\text{SrSO}_4$	De azul para incolor (reversível)	Luz visível	Sob luz de baixa intensidade (50 a 200 lux)
Fluorita	$\text{CaF}_2$	De rosa para incolor; De verde para incolor-azulado; De roxo para incolor-rosado	Ultravioleta	Sob luz de baixa intensidade (50 a 200 lux)
Hackmanita (variedade de sodalita)	$\text{Na}_4\text{Al}_3\text{Si}_3\text{O}_{12}\text{Cl}$	Desbotamento (a cor original é magenta)	Luzes visível e ultravioleta	Ambiente à prova de luz
Iodargirita	$\text{Agl}$	Escurecimento pela liberação de prata	Luz visível	Proteção contra luz visível e ultravioleta
Lepidolita (grupo das micas)	$\text{K}(\text{Li},\text{Al})_3(\text{Si},\text{Al})_4\text{O}_{10}(\text{F},\text{OH})_2$	De roxo para cinza	Luz visível	Sob luz de baixa intensidade (50 a 200 lux)
Proustita	$\text{Ag}_3\text{AsS}_3$	Escurecimento	Luz visível	Proteção contra luz visível e ultravioleta
Pirargirita	$\text{Ag}_3\text{SbS}_3$	Escurecimento	Luz visível	Proteção contra luz visível e ultravioleta
Pirostilpnita (dimorfo de pirargirita)	$\text{Ag}_3\text{SbS}_3$	De laranja-avermelhado para preto	Luz visível	Sob luz de baixa intensidade (50 a 200 lux)
Quartzo rosa	$\text{SiO}_2$	Desbotamento (reversível se colocado em ambiente escuro)	Luz visível	Sob luz de baixa intensidade (50 a 200 lux)
Realgar	$\text{AsS}$	De vermelho para amarelo (pararealgar)	Luz visível	Ambiente à prova de luz
Vivianita	$\text{Fe}^{2+}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$	De incolor a azul ou preto, podendo se desintegrar	Luz visível	Ambiente à prova de luz

Fonte: Horák, 1994.

de cobertura sobre as amostras, podendo, assim, ser removida com cuidados especiais sem danos. Os demais minerais nos quais não podem ser aplicados procedimentos de reparação, há de se trabalhar com a profilaxia.

Medidas iniciais de prevenção incluem medições dos níveis de iluminação das áreas de armazenamento e exibição das amostras, bem como avaliação do montante de luz UV que poderá agir sobre os minerais.

A intensidade da luz visível é medida em unidades de lux, utilizando-se um medidor padrão que geralmente varia entre 0 e  $5 \times 10^3$  lux para medidores portáteis e entre 0 e  $10^6$  lux para medidores mais potentes. Em exposições que contêm materiais fotossensíveis, a indicação é que a iluminação tenha até 200 lux. Ao se tratar especificamente de minerais fotossensíveis, a iluminação deve ter, no máximo, 50 lux.

Após a avaliação das fontes luminosas da exposição e da reserva técnica, deve ser medida a proporção de luz UV por meio de um medidor de luz UV, no qual as medidas são expressas em microwatts por lúmen ( $\mu\text{W/lm}$ ), onde: 1 lux = 1 lm/m<sup>2</sup>.

A regra geral para lidar com minerais fotossensíveis se resume a minimizar a exposição desses objetos a fontes de luz prejudiciais. Medidas mais específicas de preservação se relacionam com a filtragem da luz UV (por meio da retenção dos comprimentos de onda correspondentes) por meio de quatro instrumentos citados a seguir (Horák, 1994). Embora todos eles eliminem as ondas componentes da luz que estiverem abaixo de 400 nm, alguns podem filtrar parte das componentes da luz visível, resultando em uma fonte de luz levemente escurecida.

Formas de acondicionamento para minerais fotossensíveis:

1. Vidros laminados contendo intercamadas de absorventes de luz UV;
2. Placas especiais de acrílico ou policarbonato usadas em substituição ao vidro (se não houver restrições relativas à segurança do material) ou folhas difusoras para luzes fluorescentes. Exemplos de materiais são o Perspex VE ou VA, Pexiglass 201 ou 209 ou Lexan 9034. As placas têm duração média de dez anos, enquanto que as folhas podem ser utilizadas em até três lâmpadas;
3. Placas de acetato, cortadas de forma a encaixá-las nos vidros das janelas ou acetato em forma de folhas para envolver os bulbos de lâmpadas fluorescentes;
4. Vernizes que contenham filtros UV, que têm duração média de cinco anos.

Nenhum dos métodos citados é permanente, e mesmo durante o período de validade dos filtros escolhidos o nível de luz UV deve ser periodicamente medido. Essa medida serve para manutenção preventiva das amostras e, ao mesmo tempo, para verificar a eficácia do método de filtragem escolhido.

Nas reservas técnicas, os minerais devem ser idealmente armazenados em ambiente sem luz, e serem observados somente com luz de baixa intensidade (50 lux) e com

filtros UV. O armazenamento dos espécimes mais sensíveis deve ser feito em caixas fechadas, marcadas com documentação do lado de fora, e ter inspeção periódica. A luz UV não deve representar um problema na reserva técnica, uma vez que a filtragem de luz (geralmente tubos fluorescentes) e das janelas é facilmente alcançada e, geralmente, de baixo custo.

Na exposição, os minerais fotossensíveis sofrem os maiores danos. É necessária uma análise cuidadosa para que se tenha certeza de que a exibição deve ocorrer. Uma vez exposto, a ação da luz visível é cumulativa. É imprescindível ter em mente que, se o espécime fotossensível for exposto, o dano irá ocorrer.

A avaliação prévia deve considerar:

- (1) a real necessidade de exposição do mineral suscetível;
- (2) a existência de outro mineral da mesma espécie na reserva técnica, que possa ser consultado pelo pesquisador;
- (3) o controle da iluminação para que os danos sejam retardados;
- (4) a disponibilidade de outra amostra do mesmo mineral que possa fazer rodízio com a amostra exposta.

Nassau (2001) apresenta uma tabela das fontes luminosas mais utilizadas atualmente e suas respectivas eficárias, medidas em lúmens por watt. De acordo com esse levantamento, os bulbos de luz incandescente, como as lâmpadas de tungstênio, seriam a opção menos danosa para amostras fotossensíveis, uma vez que possuem a menor eficácia (de 10 a 20 lúmens por watt – lm/W), seguidas por lâmpadas incandescentes (30 lm/W). É necessário atentar para o fato de que as alterações de cor ocorrem devido à energia do raio luminoso. Nesse caso, as lâmpadas incandescentes são as que têm menor emissão de raios UV, sendo por isso indicadas. No entanto, essas mesmas luzes têm alta emissão de raios infravermelhos (IV), sendo, portanto, danosas aos materiais termosensíveis, uma vez que os raios IV contribuem para o aumento da temperatura. As fontes luminosas de maior eficácia são as de vapor de sódio e mercúrio, devendo, portanto, serem evitadas.

## CONSERVAÇÃO DE MATERIAIS GEOLÓGICOS

A maior parte da bibliografia sobre conservação se concentra no intervalo de tempo entre o fim da década de 1980 e início da década de 1990. Datam exatamente desse período os dois livros utilizados como referências básicas neste trabalho: *The Care and Conservation of Geological Material: mineral, rocks, meteorites and lunar finds*, de Frank M. Howie (1992) e *Conservation of Geological Collections*, organizado por R. E. Chield e publicado pelo *National Museum of Wales* (Chield, 1994). Este último foi resultado de uma conferência realizada em 04 de novembro de 1993 no *Welsh Folk Museum*, intitulada *Conservation of Geological Collections* e organizada pelos conservadores do Departamento de Geologia do *National Museum of Wales*,

decorrente de estudos que demonstravam que as coleções geológicas sem cuidados de conservação estavam sempre sob grave risco de deterioração, quer pelo meio ambiente natural, quer pelo acondicionamento inadequado.

A preservação de materiais geológicos é uma questão de suma importância para a pesquisa sobre as mais diversas questões relativas à formação da Terra, uma vez que cada amostra, seja mineral ou rocha, é única no que diz respeito à geologia de determinado local em determinado ponto no tempo. Perdendo uma destas referências pode-se estar perdendo a chance de responder a muitas perguntas acerca da formação da Terra.

Um engano comum no que diz respeito à conservação de coleções de materiais geológicos é que minerais e rochas, bem como outros materiais geológicos, são invariavelmente duráveis. Esse engano tem conduzido à perda de muitos elementos de coleções geológicas em várias partes do Brasil, pois uma vez que se tomam esses acervos como duráveis e estáveis, as coleções geológicas não recebem maior atenção de curadores de museus, professores universitários ou diretores de institutos de pesquisa.

Um ponto importante a ser considerado por um curador ou responsável por coleções geológicas é o fato de que os minerais e rochas são, na sua grande maioria, estáveis apenas em seu local de formação (isso pode ser pressuposto para um geólogo, no entanto, não são eles, em sua maioria, os zeladores das coleções). Por isso, logo que esse material é retirado de seu meio ambiente e transportado para um museu, as alterações têm início. A única diferença é que algumas delas ocorrem em escala de tempo humana, por isso são perceptíveis e podem ser evitadas, enquanto outras ocorrem em escala geológica, dando a falsa impressão de estabilidade. Assim, o princípio mais importante da conservação de materiais geológicos é manter uma condição ambiental (seja durante o transporte do campo, na reserva técnica de um museu ou em exposição) que proporcione o retardamento dessas alterações, uma vez que é impossível evitá-las.

Um dos primeiros cientistas a atentar para a importância dos cuidados com coleções de minerais foi A. L. Parsons, da Universidade de Toronto, já na década de 1920. As primeiras publicações foram feitas em formato de artigo para o periódico *American Mineralogist*. Esses artigos citam a possibilidade da luz e UR do ar serem responsáveis pelos maiores incidentes envolvendo perdas de amostras de minerais em museus.

Os casos mais conhecidos de danos por interferência de luz se referiam a proustita e pirargirita (*ruby silver*), que perdiam a cor vermelha se tornando pretas ao entrarem em contato com a luz; e o realgar, também vermelho, que se altera para ouro-pigmento. Já com relação à UR, conhecia-se a carnallita, que se solubiliza em altas umidades, e a laumontita, que perde água para o ambiente (Parsons, 1922).

De modo geral, até o início da década de 1990, os exemplares de rochas eram vistos como indestrutíveis e inofensivos. Eram manipulados sem os cuidados adequados e raras vezes manuseados e acondicionados tendo em vista sua conservação e seus efeitos nocivos em longo prazo.

## Aspectos gerais

A conservação de minerais e rochas pode ocorrer de duas formas: conservação preventiva ou de remediação.

A conservação preventiva engloba um conjunto de medidas profiláticas específicas para cada mineral, tomadas a fim de evitar, retardar ou reduzir à menor taxa possível os danos naturalmente causados às amostras de coleção.

Já a conservação de remediação é a reversão, quando possível, do dano causado ao mineral ou o reparo ao material já danificado (Price, 1992).

A conservação profilática deve receber mais atenção por parte de curadores, gestores de coleção e diretores, uma vez que minerais, como compostos químicos naturais, deixam poucas possibilidades de interferência sem sua alteração química. Por isso, conservá-los em seu estado natural é de extrema importância para que se evite o dispêndio com métodos caros de recuperação, ou com a própria perda do mineral.

O processo de conservação não é restrito apenas ao ambiente em que a amostra está hospedada. Os registros que a acompanham (dados da coleta, da aquisição ou seu histórico, caso seja uma doação) devem ser igualmente preservados, pois auxiliam não só na preservação do material em longo prazo, como também para o uso em exposições, atividades educativas e pesquisa (Price, 1992). Para que esse tipo de proposta seja bem sucedida, é imprescindível que o museu tenha uma Política de Gestão de Acervos bem desenvolvida, pois os funcionários, por maior conhecimento que tenham da coleção ou por maior tempo de trabalho que possam ter com ela, um dia, invariavelmente, deixarão de trabalhar no museu. A memória humana é sempre passível de falhas; registros continuam imutáveis através dos tempos.

São três os principais fatores que promovem alterações em minerais expostos em museus: efeitos da luz, efeito da temperatura e efeitos químicos. Não são conhecidos casos em que uma vitrina de exposição apresente proteção contra essas três ocorrências (Parsons, 1926).

O ambiente de um museu é geralmente construído a fim de balancear o bem estar dos trabalhadores e visitantes com a preservação dos objetos exibidos. Quando não se pode atender às duas demandas, o bem estar do visitante sempre prevalece. No entanto, há possibilidades de melhorar o ambiente e promover condições satisfatórias de acondicionamento e exposição, sem prejudicar os aspectos expositivos ou o conforto e saúde dos visitantes.

Os fatores considerados na conservação de coleções geológicas são:

- Temperatura (T);
- Umidade relativa do ar (UR);
- Iluminação;
- Poluição;
- Manuseio e danos mecânicos às amostras.

Esses fatores estão incluídos na lista das dez ameaças, conhecidas como agentes de degradação, desenvolvida pelo Canadian Conservation Institute visando à conservação preventiva de objetos culturais em museus e coleções.

Este item será dividido em duas etapas:

1. Fatores de conservação atrelados à saúde humana (considerando, como já foi dito, a saúde do corpo funcional do museu e dos visitantes), como toxicidade, radioatividade, doenças decorrentes da inalação de gases ou de poeiras perigosas;
2. Fatores de conservação das amostras em si, como objetos museológicos que são. Tem-se aqui o esfacelamento de cristais de pirita, laminação de folhelhos, mudança de cores nos minerais (já abordada no item precedente), conservação de meteoritos, entre outros.

## Conservação atrelada à saúde humana

### Toxicidade

Não existe mineral de coleção que seja suficientemente tóxico para causar envenenamento por simples manipulação (Brunton et al., 1985). Todavia, alguns minerais são tóxicos em caso de ingestão, inalação, aspiração ou contato prolongado da pele com a amostra (manipulação frequente). Casos de envenenamento extremo são raros, embora minerais de arsênio (As), chumbo (Pb), mercúrio (Hg) e tálio (Tl) sejam considerados de alta toxicidade.

A toxicidade dos minerais está relacionada aos seguintes fatores: composição química, estado de coesão e solubilidade, dose consumida (em caso de ingestão ou inalação) e propensão pessoal (Brunton et al., 1985). No entanto, é necessário ressaltar que apesar da importância da precaução com minerais tóxicos, é a exposição prolongada ao elemento químico presente na amostra que irá causar a intoxicação. Eventuais manipulações acidentais não serão responsáveis por danos graves à saúde. Por isso, são técnicos de museu e curadores os alvos principais deste estudo, uma vez que são eles que estão em contato direto, prolongado e permanente com as amostras e ambientes tóxicos.

A composição química está relacionada à toxicidade dos elementos químicos presentes nos minerais. Amostras com grande quantidade de metais pesados em sua composição certamente serão tóxicas.

O estado de coesão dos minerais também interfere no seu potencial tóxico. Amostras que formam pó podem ser facilmente absorvidas pelas vias inalatórias (o pó fica suspenso

no ar e é rapidamente respirado, atingindo as vias aéreas). Partículas sólidas, como poeiras ou sujeiras, fumaças ou gases nos quais esses elementos estejam presentes também devem ser evitadas. A poluição interna é controlada pela escolha correta de armazenamento e exposição dos materiais, um bom *design* e manutenção do espaço.

Já os minerais solúveis em água são rapidamente absorvidos no estômago. Assim, um mineral solúvel é sempre mais perigoso do que um equivalente não solúvel (um exemplo clássico são os minerais de bário whiterita, mineral solúvel, por isso tóxico, e a barita, não solúvel, por isso atóxica – Figura 49) (Brunton et al., 1985).

A propensão pessoal à intoxicação se relaciona a fatores fisiológicos individuais, como idade, peso e estado de saúde. Por isso, o relato de experiências com relação à toxicidade em minerais pode ser bem diverso.

Os elementos químicos considerados perigosos e seus respectivos compostos estão apresentados na Tabela 8.

A seguir estão apresentados os elementos químicos que, presentes em minerais, os tornam tóxicos e também os problemas de saúde associados a eles.

O arsênio ocorre em quatro estados de oxidação: arsenato ( $As^{5+}$ ), arsenito ( $As^{3+}$ ), o gás arsina ( $As^3$ ) e o metal, ou forma nativa, sem valência (As). As ocorrências solúveis, por isso as mais tóxicas, encontram-se nas espécies tri e pentavalentes, sendo a primeira muito mais nociva. As associações mais comuns são com o enxofre (S), oxigênio (O) e ferro (Fe) (Lopes Jr. et al., 2006).

Um curador que manuseia constantemente amostras de arsênio ou minerais oxidados de chumbo está sob risco de sofrer intoxicações crônicas devido a esses elementos. Intoxicação por arsênio inclui queimação nas mucosas bucal e nasal, distúrbios de estômago e espasmos musculares. O arsênio e seus compostos inorgânicos são



**Figura 49.** Dois minerais de bário: a whiterita à esquerda ( $BaCO_3$ ), considerada tóxica por ser solúvel; à direita está a barita ( $BaSO_4$ ), atóxica por não ser solúvel. Acervo: Museu de Geociências da Universidade de São Paulo.

considerados cancerígenos. A principal via de contaminação em ambientes museológicos se dá pela inalação do pó das amostras, podendo ocorrer, em menor escala, a inalação do gás (Figueiredo, 2006) em ambientes fechados com grande acúmulo desses minerais. A dose letal de arsênio pode ser

menor do que 20 mg. A dose letal de tálio como óxido para um adulto está entre 100 e 200 mg (Howie, 1992).

Intoxicação por vapor de mercúrio (proveniente da evaporação de minérios de mercúrio como o cinábrio) causa transtornos emocionais e tremores.

**Tabela 8.** Elementos químicos nocivos à saúde humana e os respectivos minerais nos quais são encontrados.

Elemento químico	Fórmula	Classe mineral ou mineral
Antimônio	Sb	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nativo</li> <li>• Sulfetos</li> </ul>
Arsênio	As	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nativo</li> <li>• Sulfetos:           <ul style="list-style-type: none"> <li>arsenopirita <math>\text{FeAsS}</math></li> <li>realgar <math>\text{AsS}</math></li> <li>ouro-pigmento <math>\text{As}_2\text{S}_3</math></li> </ul> </li> <li>• Óxidos:           <ul style="list-style-type: none"> <li>claudetita <math>\text{As}_2\text{O}_3</math></li> <li>arsenolita <math>\text{As}_2\text{O}_3</math></li> </ul> </li> <li>• Arsenatos:           <ul style="list-style-type: none"> <li>adamita <math>\text{Zn}_2(\text{AsO}_4)_2(\text{OH})</math></li> <li>annaberguita <math>\text{Ni}_3(\text{AsO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}</math></li> <li>conicalcita <math>\text{CaCu}(\text{AsO}_4)_2(\text{OH})</math></li> <li>farmacolita <math>\text{Ca}(\text{HAsO}_4)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}</math></li> </ul> </li> </ul>
Bário	Ba	<ul style="list-style-type: none"> <li>frankdicksonita <math>\text{BaF}_2</math> (mineral raro)</li> <li>nitrobarita <math>\text{Ba}(\text{NO}_3)_2</math></li> <li>whiterita (solúvel) <math>\text{BaCO}_3</math></li> </ul>
Bismuto	Bi	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nativo</li> </ul>
Boro	B	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Todos os minerais de boro, pois são geralmente solúveis</li> </ul>
Cobre	Cu	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Todos os minerais solúveis</li> </ul>
Chumbo	Pb	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Arsenatos</li> <li>• Carbonatos</li> <li>• Cloretos</li> <li>• Óxidos</li> <li>• Fosfatos</li> <li>• Sulfatos</li> </ul>
Flúor	F	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Todos os minerais solúveis</li> </ul>
Mercúrio	Hg	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nativo (e seu vapor)</li> <li>• Sulfetos</li> </ul>
Selênio	Se	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nativo</li> <li>olsacherita <math>\text{Pb}_2(\text{SeO}_4)(\text{SO}_4)</math></li> </ul>
Tálio	Tl	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sulfetos:           <ul style="list-style-type: none"> <li>carlinita <math>\text{Tl}_2\text{S}</math></li> <li>crookesita <math>\text{Cu}_7(\text{Tl},\text{Ag})\text{Se}_4</math></li> <li>lorandita <math>\text{TlAsS}_2</math></li> <li>pierrotita <math>\text{Tl}_2\text{Sb}_6\text{As}_4\text{S}_{16}</math></li> <li>routhierita <math>\text{Tl}(\text{Cu},\text{Ag})(\text{Hg},\text{Zn})_2(\text{As},\text{Sb})_2\text{S}_6</math></li> </ul> </li> <li>• Óxido</li> <li>• Todos os produtos de decomposição dos conjuntos anteriores</li> </ul>
Urânio	U	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Todos os minerais, pois além da radioatividade, causam danos renais</li> </ul>
Zinco	Zn	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nativo (Zn):           <ul style="list-style-type: none"> <li>köttigita <math>\text{Zn}_3(\text{AsO}_4)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}</math></li> <li>zincita <math>(\text{Zn},\text{Mn}^{2+},\text{Fe}^{2+})\text{O}</math></li> <li>goslarita <math>\text{Zn}(\text{SO}_4)_2 \cdot 7\text{H}_2\text{O}</math></li> </ul> </li> </ul>

Fonte: Brunton et al., 1985 e Howie, 1992.

Procedimentos a serem adotados:

1. Minerais de arsênio ou tálio devem ser manuseados com luvas apropriadas (látex ou neoprene). É sensato usar luvas todas as vezes nas quais haja manuseio de qualquer tipo de mineral tóxico e lavar as mãos imediatamente após o contato, mesmo se tiver utilizado luvas;
2. Não utilizar ácidos em minerais com arsênio em sua composição, devido ao risco de liberação de arsina ( $AsH_3$ ). Exposições a doses menores do que 10 ppm podem ser fatais;
3. As estantes, gavetas ou recipientes que contenham minerais tóxicos devem estar devidamente etiquetadas com um aviso do potencial de toxicidade do mineral;
4. Não permitir o manuseio desses minerais sem supervisão de um responsável e nem deixá-los ao alcance de crianças;
5. Todos os processos mecânicos (corte, moagem, Trituração, serragem, limpeza e polimento) devem ser executados em uma capela, por profissionais treinados;
6. Nunca deixar as amostras espalhadas em locais onde pessoas alheias ao trabalho tenham acesso e possam manuseá-las sem ciência do perigo que causam;
7. Nunca utilizar o paladar como forma de identificação de minerais, não importando o quanto seguro se está acerca de sua composição. As vias digestivas são as mais eficientes em espalhar toxicidade pelo corpo.

Por fim, armazenar esses minerais em caixas e somente as manusear quando estiver analisando-os. Se os minerais não estiverem sendo utilizados, as caixas devem permanecer guardadas.

### Radioatividade

Acidentes causados por espécimes museológicos radioativos não são comuns; medições precisas e constantes são as formas mais eficientes de evitar possíveis problemas. No entanto, existem alguns minerais que devem ser cuidadosamente acompanhados pelo curador ou responsável.

A radioatividade ocorre quando um átomo se quebra espontaneamente, originando elementos filhos decorrentes dessa quebra. Durante essa atividade ocorre grande liberação de energia eletromagnética, conhecida genericamente por radiação.

A emissão de radiação está relacionada ao número atômico de alguns elementos. Quanto maior o número atômico, maior será o nível de energia em atividade em seu núcleo. O urânio (92) é o elemento químico natural de maior número atômico. Explica-se, assim, porque é o mais utilizado para a obtenção de energia nuclear. O tório (90), o rádio (88) e o radônio (86) são também importantes elementos radioativos e devem ser atentamente observados em uma coleção, embora os minerais mais comumente encontrados em acervos mineralógicos sejam uraniníferos.

A radiação ocorre em consequência da tentativa de estabilização de átomos muito carregados energeticamente. O resultado dessa estabilização é a emissão de partículas alfa ou beta e de ondas eletromagnéticas (raios gama).

A estabilização de um núcleo com excesso de nêutrons pode ocorrer de duas formas:

1. Emissão de partículas: possuem massa e carga elétrica. A velocidade depende da quantidade de energia envolvida:
  - a) Partículas alfa: emissão de um grupo de partículas positivas (dois prótons e dois nêutrons) em forma de gás hélio e da energia associada a elas;
  - b) Partículas beta: emissão de elétrons, resultantes da conversão de nêutrons em prótons (partículas beta negativas, mais conhecidas por partículas beta); emissão de pósitrons (ou partículas beta positivas) resultantes da conversão de nêutrons excedentes em prótons;
2. Emissão de radiação eletromagnética: não possuem massa e a velocidade envolvida no processo é invariável (300 mil km/s). Após a emissão de partículas, o núcleo atômico, ainda com excesso de energia, tenta novamente se estabilizar, porém, liberando a energia do núcleo em formas de ondas do espectro eletromagnético, os raios gama.

No caso específico dos minerais de coleção, o único elemento radioativo importante presente em alguns minerais é o urânio (U). A radiação acontece, nesses casos, quando o urânio decai, emitindo partículas alfa e beta (pedaços do núcleo atômico) e raios gama. Os raios gama são os que liberam mais energia dentre os raios do espectro eletromagnético (Figura 50). Esses raios são os mais penetrantes, por isso são os responsáveis pelos danos causados pela radioatividade aos seres humanos.

É importante ressaltar que as reações nucleares liberam gases tóxicos, sendo o radônio o principal produto e um dos gases mais tóxicos. Deve-se, por isso, prestar atenção não só nos minerais, mas no ambiente em que eles se encontram armazenados. O radônio é muito encontrado nos materiais da crosta, mas a quantidade é inofensiva. O urânio existe na natureza na forma de três isótopos, como descrito na Tabela 9.

Essas emissões são classificadas como radiação iônica, e os níveis de exposição são classificados em uma tabela de proteção radiológica nacional, criada pela Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN). As medidas e dosagens recomendadas internacionalmente (Comissão Internacional de Proteção Radiológica e Comissão Internacional de Medidas e Unidades de Radiação) ainda estão sendo estudadas pela CNEN antes de serem recomendadas para aplicação em território nacional (aprovada pela Resolução CNEN n° 102, de 22 de dezembro de 2010; Brasil, 2011). Para que se possa mensurar a radioatividade deve-se conhecer algumas unidades de medida importantes (todas as unidades citadas são pertencentes ao Sistema Internacional – SI):

- Bequerel (Bq): número de desintegrações por segundo (afere a atividade de determinado material radioativo);
- Gray (Gy): 1 Joule de energia absorvido por 1 kg de material (mede a dose absorvida por um organismo atingido por radiação ionizante);
- Fator de qualidade (F): também chamado de eficiência biológica relativa. Depende da eficácia do tipo de radiação na produção de danos;
- Sievert (Sv): é o equivalente de dose e caracteriza os danos provocados pela radiação em organismos vivos. Depende da energia envolvida no processo, da massa do organismo que sofre a radiação e do F da mesma, sendo representado pela seguinte equação:  $Sv = Gy \cdot F$ .

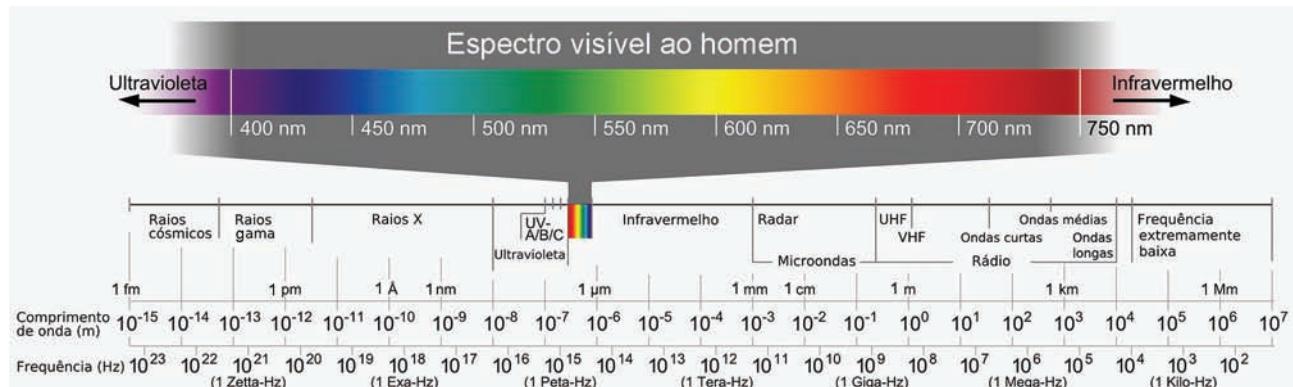
Uma coleção média de seis espécimes de minerais radioativos apresenta um risco insignificante se for espontaneamente manuseada (uma hora por ano, por exemplo).

Os minerais radioativos mais comumente encontrados em acervos mineralógicos estão mencionados na Tabela 10.

Por ter muito urânio em sua composição, a uraninita merece muita atenção quando presente em coleções, tanto se estiver exposta quanto em reserva técnica. É considerado o mineral de coleção mais radioativo.

A gumita, uma crosta laranja-avermelhada ou amarela, é produto de alteração da uraninita, resultando em vários minerais que recobrem a parte central desse mineral de urânio. É menos radioativa do que a uraninita pura, mas sua superfície geralmente forma pó, o que faz esse aglomerado mineral necessitar dos mesmos cuidados da uraninita.

Os minerais secundários de urânio (fosfatos, arsenatos, vanadatos, silicatos e carbonatos) são menos radioativos, no entanto, apresentam-se geralmente em amostras de muita massa, devendo, por isso, receber atenção adequada. Se as amostras forem pequenas, o risco é mínimo. Entretanto, muitas amostras pequenas, dispostas no mesmo espaço, apresentam risco, necessitando de medição constante. A autunita, torbernitita e metatorbernitita se encontram nessa classificação.



Fonte: <http://pion.sbfisica.org.br/pdc/index.php/por/multimidia/imagens>. Acesso em 18/06/2012.

**Figura 50.** Espectro eletromagnético.

**Tabela 9.** Isótopos naturais de urânio.

Isótopos (Z=92)	Nº de nêutrons no núcleo	Ocorrência na natureza
$U^{234}$	142 (50 "nêutrons excedentes")	Quantidade desprezível
$U^{235}$	143 (51 "nêutrons excedentes")	0,7% (utilizado em reatores apóis enriquecimento)
$U^{238}$	146 (54 "nêutrons excedentes")	99,3%

Fonte: Cardoso (s/d).

**Tabela 10.** Minerais radioativos comumente encontrados em acervos mineralógicos e sua composição química.

Mineral	Fórmula química	Observação
Uraninita	$UO_2$	Contém mais de 80% de U na composição
Gumita	Produto de alteração da uraninita	Superfície de alteração é geralmente pó
Autunita	$Ca(UO_2)_2(PO_4)_2 \cdot 11H_2O$	
Torbernitita	$Cu(UO_2)_2(PO_4)_2 \cdot 12H_2O$	
Metatorbernitita	$Cu(UO_2)_2(PO_4)_2 \cdot 8H_2O$	

Fonte: Brunton et al., 1985 e Lambert, 1994.

Para medir a radiação presente em um ambiente com minerais ou rochas radioativos, utiliza-se um contador Geiger. Trata-se de um aparelho que mede a radiação emitida utilizando a propriedade de ionização da radiação.

Os cuidados de conservação evidenciam a necessidade de que o mineral tenha sempre etiqueta. Se a etiqueta tiver indicação de radioatividade, é necessário utilizar um contador Geiger para verificar o nível de radiação, antes de qualquer contato com a amostra. Se o nível de radiação for baixo, a amostra pode ser manuseada apenas com o uso de luvas. Caso haja dúvidas, o procedimento correto a ser adotado é isolar a amostra e procurar ajuda competente. Não manusear de forma alguma.

Procedimentos a serem adotados (a partir do índice de contaminação da uraninita):

1. Minimizar o manuseio;
2. Se for indispensável o manuseio, usar luvas de borracha descartáveis (jamais reaproveitar luvas utilizadas no manuseio de minerais radioativos);
3. Após o manuseio, lavar abundantemente as mãos, mesmo se foram usadas luvas;
4. Sempre utilizar máscaras de proteção com filtros para evitar a inalação do ar, possivelmente contaminado de gavetas recém abertas, ou o ar empoeirado devido ao manuseio de minerais.
5. Não comer, beber ou fumar próximo a esses minerais;
6. Não manuseá-los se a pele estiver machucada ou fissurada, mesmo com a utilização de luvas;
7. Etiquetar estantes, prateleiras e recipientes das amostras com aviso de radioatividade;
8. Armazenar as amostras radioativas juntas e em ambiente separado das demais amostras, numa área denominada área de radiação controlada, que não seja frequentemente visitada. Essa área deve ser ventilada, a fim de retardar o acúmulo de gases tóxicos e evitar o aumento do nível de radioatividade. Uma boa ventilação deve ser providenciada numa sala externa. Para essa sala deve ser executado um monitoramento de radiação constante (a periodicidade deve ser estabelecida por autoridades competentes, como mineralogistas ou pessoas especializadas em radiação);
9. Utilizar caixas de chumbo para a armazenagem, caso as amostras sejam muito grandes ou em grande quantidade, a fim de diminuir ou até eliminar o perigo de contaminação. Lembrar que no interior dessas caixas podem se acumular gases, sendo o gás radônio o mais prejudicial, e por isso devem ser abertas em local arejado, longe dos outros minerais. A pessoa que estiver manipulando as amostras deve utilizar máscaras para não inalar o gás contido no interior das caixas. A Figura 51 é um exemplo de acondicionamento adequado para exposição de minerais de urânio.

### Toxicidade física

Trata-se aqui, por toxicidade física, minerais cujas características físicas são consideradas perigosas e/ou tóxicas e que, em si mesmos, representam risco à saúde (diferente dos radioativos e tóxicos, cujos danos são causados não diretamente por eles, mas pelos elementos químicos que os compõem). A partir dessa definição, alguns minerais apresentam perigo porque são fibrosos ou porque têm pontas ou bordas muito afiadas, facilmente cortantes durante simples manipulação. Têm características de serem cobertos por cristais aciculares facilmente quebráveis, sendo de fácil penetração na pele.

Em geral, qualquer mineral pode apresentar bordas afiadas, mas são os minerais com fratura conchoidal, principalmente os do grupo do quartzo (quartzo e suas variedades, como por exemplo, ágata, calcedônia, ônix, jaspe e opala) que oferecem maior perigo, uma vez que são os mais comuns em coleções geológicas (desde um grande museu a uma pequena coleção infantil), e também os mais manipulados, principalmente com propósitos didáticos.



**Figura 51.** Vitrina especial para exposição de minerais radioativos. Nota-se que o visitante não tem sequer contato visual com as amostras, apenas com suas imagens. Notar também o posicionamento de aviso de radiação em local visível. Acervo: London Natural History Museum.

Qualquer poeira inalada é um perigo em potencial, por isso os minerais que necessitam de um cuidado maior sob esse aspecto são quartzo e argilominerais; em escala industrial, olivina, magnetita, talco, minerais que contêm berílio, cádmio, óxido de ferro, vanádio, cromo e níquel.

A precaução é usar luvas, preferencialmente as de borracha mais grossa. Os minerais fibrosos devem ser tratados com muito cuidado, manipulados com o uso de luvas e máscaras, e não manuseados, se possível, pois além do perigo de inalação, o manuseio prejudica a amostra.

Sempre utilizar máscaras ao manusear amostras com pó e evitar lugares geradores de poeira. Para esses lugares, como laboratórios de corte, polimento, etc., usar ventiladores e máscaras.

### Minerais asbestiformes

Asbesto ou amianto é o nome comercial que se dá a certos tipos de minerais silicáticos que apresentam um agregado fibroso (Figura 52), pertencentes ao grupo dos anfibólios e ao grupo das serpentinas. Apesar do termo amianto ser largamente conhecido e utilizado, a International Mineralogical Association (IMA) indica que se utilize apenas a terminação asbesto ou mineral asbestiforme.

Os minerais asbestiformes foram largamente utilizados em papéis, pinturas, pastilhas de frenagem, cerâmicas, cimentos, enchimentos e filtros. Mas foi sua excepcional resistência ao calor que os tornou o isolante térmico mais utilizado no mundo até meados da década de 1970, quando os estudos sobre seu potencial cancerígeno tiveram início.

Os minerais asbestiformes são: serpentinas (não contêm Fe, fibras mais finas e mais flexíveis) e anfibólios (contêm Fe, fibras mais rígidas e menos flexíveis).



**Figura 52.** Exemplo de mineral asbestiforme. Note que a fibra se desprende facilmente do mineral. Largura da fotografia: 4 cm. Acervo: Museu de Geociências da Universidade de São Paulo.

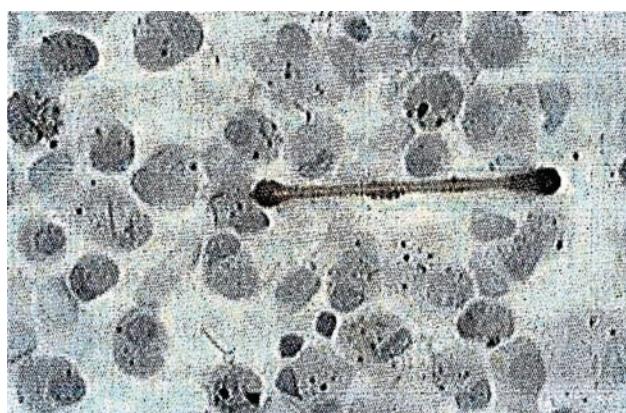
Entre as serpentinas está a crisotila. Já entre os anfibólios estão a actinolita, antofilita, riebeckita (mais conhecida como asbesto azul), grunerita e tremolita.

Os asbestos afetam a saúde humana por meio da inalação de material particulado, dispersado das amostras por ação do ar.

A asbestose é a principal doença causada pela inalação do pó de asbestos, que também pode causar câncer de pulmão, mesotelioma maligno e falência respiratória.

As narinas humanas possuem mecanismos para deter e remover impurezas do ar. Ainda assim, muitas impurezas, geralmente em frações menores do que 10 micra, conseguem atingir os pulmões. Nos pulmões, essas partículas são envolvidas por células macrofágicas, formando resíduos que são expelidos pela tosse. O problema ocorre quando as microfibras de asbesto não são expelidas e atingem os pulmões (Figura 53). Isso se dá porque não conseguem ser englobadas pelas células macrofágicas, pois são prismáticas e rígidas, instalando-se definitivamente nos pulmões e proporcionando crescimento celular anormal. Os minerais que contêm Fe (anfibólios) são os piores nesse processo, pois o ferro sofre oxidação dentro do tecido pulmonar. Ao envolver as fibras minerais que contêm ferro, as células macrofágicas reagem com elas, oxidando o ferro bivalente para trivalente. Essa reação causa a formação de hidróxidos de ferro, como goethita [ $\alpha\text{-Fe}^{3+}\text{O(OH)}$ ] ou limonita [ $\text{FeO(OH).nH}_2\text{O}$ ], que aderem às paredes dos pulmões e não podem ser removidas. Mesmo os asbestos que não contêm ferro em sua composição química, como a crisotila, também devem ser evitados, uma vez que as fibras causam irritações e inflamações nos tecidos pulmonares.

Não há cura para asbestose. Os sintomas da doença avançada são controlados por medicamentos paliativos, que diminuem o desconforto do paciente, mas que nada influem na regressão do quadro. Após diagnosticada, deve-se



**Figura 53.** Imagem ampliada de uma fibra de asbesto ao ser envolvida por células macrofágicas do pulmão humano. Fonte: Scarpelli, 2006.

interromper o contato do paciente com o asbesto. Na fase crítica o doente é tratado com oxigenação artificial.

De maneira geral, pode ser nocivo à saúde aspirar o pó de qualquer mineral. No ambiente museológico, as fibras de asbestos podem ser facilmente inaladas durante a manipulação para limpeza e preparação dos exemplares na exposição ou na reserva técnica. Minerais de asbestos são reconhecidamente causadores de vários tipos de cânceres nos seres humanos. Não há, por isso, nível de exposição aceitável.

Assim, é imprescindível garantir um ambiente saudável e seguro para o visitante e para o funcionário.

Algumas recomendações para o tratamento de minerais fibrosos em museus:

- Ler sempre as etiquetas e tratar sempre como suspeito qualquer mineral fibroso. Na maioria das coleções, esses minerais são simplesmente descritos como asbestos;
- Classificar criteriosamente os minerais asbestosiformes, a fim de que não haja dúvidas sobre seu real potencial de perigo;
- Acondicionar minerais fibrosos como a byssolita preferencialmente em caixas fechadas. Byssolita é uma variedade mineral pertencente ao grupo dos anfibólios, cujos cristais possuem massas de fibras finas como fios de cabelo, e estão presentes em minerais da série actinolita, ferroactinolita e tremolita;
- Utilizar, como recomendação internacional, o uso de luvas de látex e máscaras para a limpeza de vitrinas que contenham minerais asbestosiformes;
- Na reserva técnica, armazenar esses minerais em recipientes vedados. Manipulá-los apenas se necessário;
- Colocar o espécime em embalagens plásticas vedadas, como ilustra a Figura 54 (pelo menos duas vedações).



**Figura 54.** Exemplo de armazenamento ideal de amostra de asbesto no Museum Support Center do Smithsonian Institution, em Maryland, Suitland. O material é embalado em sacos plásticos numerados, junto às etiquetas, e depois colocado em caixas.

Ao manusear, utilizar máscara, luvas e avental de laboratório. Etiquetar as gavetas com informes de perigo.

## Conservação de amostras museológicas

### Umidade relativa do ar

Mudanças na temperatura, principalmente abruptas (o que geralmente acontece em países tropicais), ocasionam mudanças na UR do ar, alterando a quantidade de água no ar atmosférico. Na maioria das vezes, UR e temperatura têm relação direta e dependem da latitude onde se localiza o museu (que vai determinar o clima predominante no ambiente museológico).

Muitos minerais, rochas e fósseis são sensíveis à UR e se danificam, podendo até mesmo ser destruídos em ambientes com umidade inadequada. Alta umidade pode gerar mudanças químicas, tais como o esfacelamento da pirita, ou alteração de alguns materiais, como sais, pela absorção da água do ambiente. A manutenção correta do edifício onde a coleção está abrigada também influí na conservação, como ilustra a Figura 55.

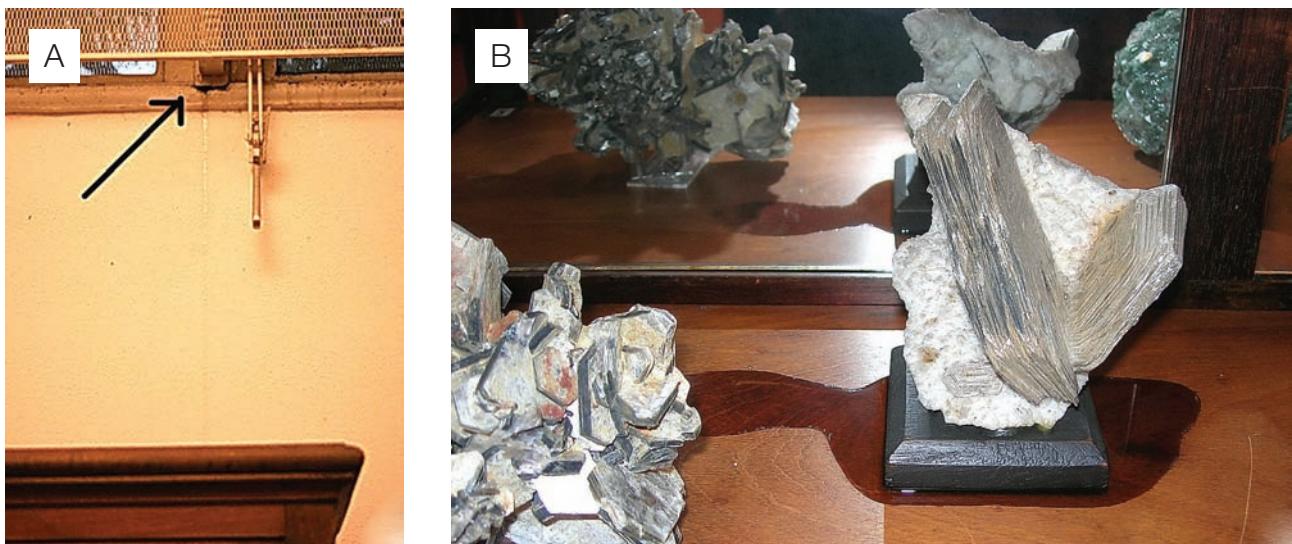
Bolores e algumas pestes insetívoras, tais como tisanuros (traças) ou cupins se proliferam, destruindo etiquetas e outros tipos de documentação sobre a coleção. Por outro lado, níveis baixos de umidade podem causar eflorescência e encolhimento de alguns exemplares que desidratam, como o folhelho.

Não existe padrão de UR ideal para toda a coleção geológica. A prioridade é estabilizar a umidade para evitar grandes variações de uma norma estabelecida. As variações abruptas (novamente muito frequentes em países tropicais) causam deterioração da amostra, mesmo dentro do museu.

Um nível geralmente aceitável de UR é de 50%, variando para mais ou menos 5%. Espécimes que necessitam de controle fora desse leque de possibilidades devem ser embalados separadamente, em microclimas criados de acordo com cada necessidade.

Em ambientes museológicos existem quatro principais danos que a UR inadequada causa a minerais: corrosão, mudanças de fase mineral, desidratação, principalmente nas zeólicas, e quebras resultantes de tensões higroscópicas (Howie, 1992). Para uma listagem completa dos minerais suscetíveis à UR, ver Waller (1992).

A corrosão inclui quaisquer transformações sofridas pelo mineral pela reação com um ou mais gases atmosféricos, além do vapor de água (Howie, 1992). Neste trabalho tratamos principalmente as reações de oxidação, cujo exemplo clássico é a oxidação da pirita, transformando-se em limonita  $[FeO(OH).nH_2O]$ , fenômeno conhecido em museus e coleções por mal da pirita. A pirita faz parte de um grupo de minerais suscetíveis ao processo de oxidação (grupo composto principalmente por minerais da classe dos sulfetos, que são estáveis em um ambiente ausente

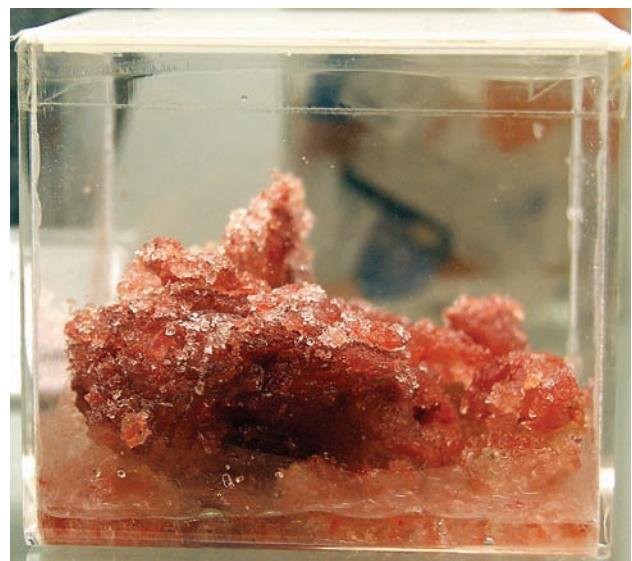


**Figura 55.** Museu de Geociências da Universidade de São Paulo. (A) falha na vedação de caixilhos das janelas do museu permite a entrada de água diretamente sobre parte da coleção; (B) algumas amostras, como a muscovita da fotografia, são diretamente afetadas pela falta de manutenção no edifício, com o acúmulo de água sob a amostra.

de oxigênio) e tem esse potencial aumentado em ambientes com alta UR; se a taxa ultrapassar os 60% de UR, essa alteração ocorre rapidamente. Por isso, é importante que o nível de UR no ambiente onde estão acondicionados esses minerais seja menor do que 60%, preferencialmente perto dos 30% (Howie, 1992). A corrosão do ferro é a reação de oxidação mais conhecida, e é representada pela seguinte equação geral:  $2\text{Fe}^{2+} + \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{Fe}(\text{OH})_2$ . Para evitar a formação da ferrugem, sugere-se a utilização de um material de sacrifício, que tenha maior tendência à oxidação, para se unir ao ferro; ou a galvanização, que é a aplicação de uma camada de zinco sobre a superfície do ferro.

Outro dano relativo à UR é a deliquescência, que pode ser simplificadamente definida como a absorção da água do ambiente por um mineral, resultando em sua dissolução. Ocorre quando o nível da UR está acima do necessário para garantir a estabilidade do mineral. A deliquescência pode ocorrer sazonalmente ou ser contínua, levando à decomposição do mineral. Outras vezes, pode ocorrer junto com outras reações, como hidrólise (decomposição de uma substância pela água) ou oxidação. Quando a deliquescência ocorre, o mineral pode se apresentar em duas fases distintas, como forma cristalina e como solução (Figura 56). Se a UR continuar a aumentar, esse processo pode levar à perda da amostra, uma vez que ocorrerá mudança de fase do mineral.

Um exemplo de mineral que sofre deliquescência é a hanksita –  $\text{KNa}_{22}(\text{SO}_4)_9(\text{CO}_3)_2\text{Cl}$  – que deliquesce quando a UR atinge 72%, a altas temperaturas (Howie, 1992). Imagens de exemplar de hanksita do Museu de Geociências da USP, no qual ocorreu deliquescência e oxidação do suporte, podem ser visualizadas na Figura 57.

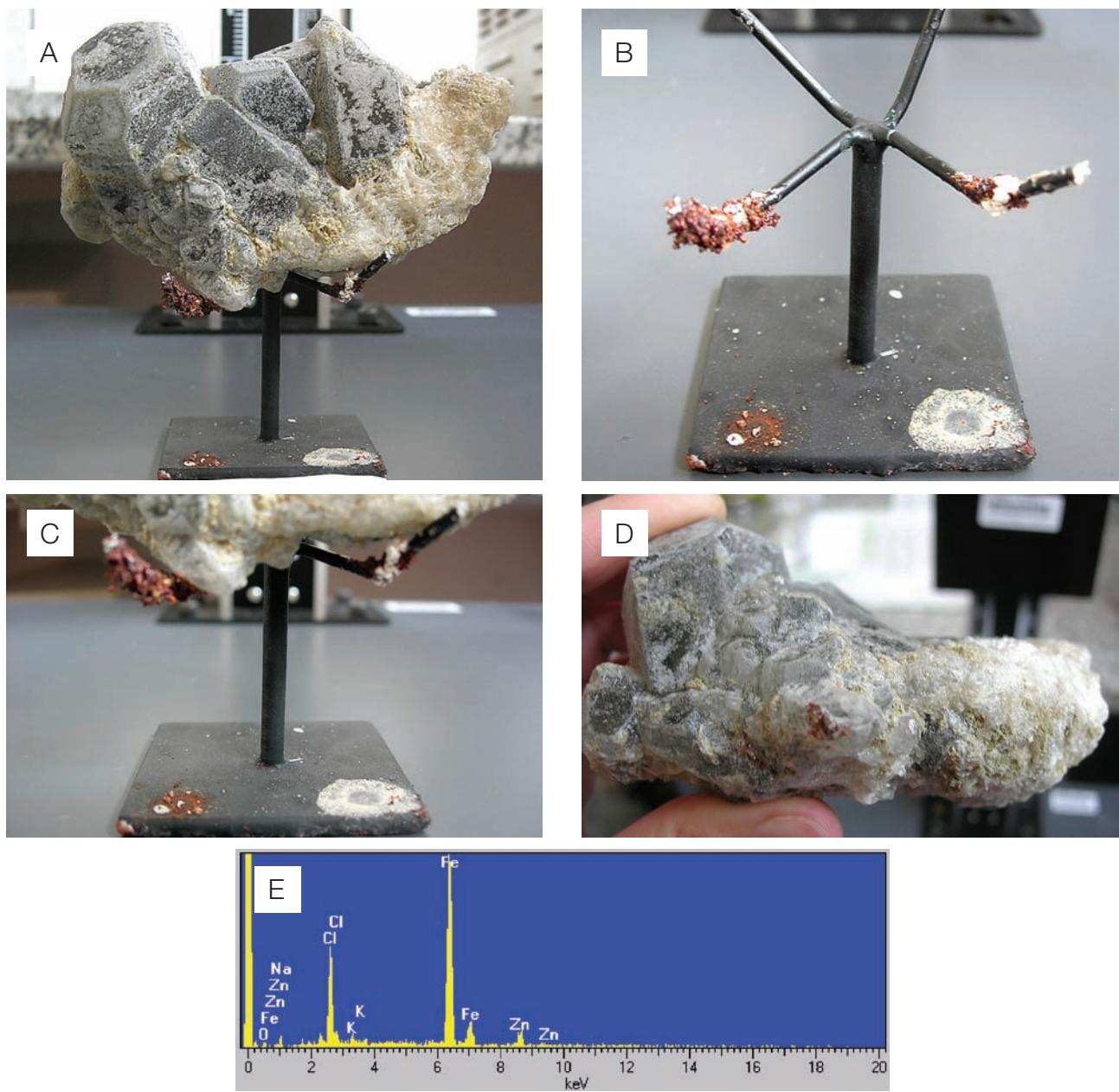


**Figura 56.** Imagem de carnallita ( $\text{KMgCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) em duas fases, cristalina e solução. Acervo: Museu de Geociências da Universidade de São Paulo.

Outra consequência da interferência da UR é a eflorescência, cujo nome deriva do latim *florescere* e significa florescer. Na geologia, por alusão, refere-se à reação de desidratação, na qual ocorre a perda de água de cristalização do mineral, cujas consequências variam desde uma fratura no mineral até a transformação de seus cristais em pó, que florescem na superfície do mineral, dependendo de suas características. Ocorre quando a UR do ar está abaixo do nível necessário para a estabilidade do mineral.

A eflorescência dos minerais ocorre quando os minerais hidratados (que associaram água em seu processo de cristalização) perdem alguma quantidade ou a totalidade da água contida em sua estrutura cristalina, ao serem submetidos a mudanças para ambientes mais secos.

A perda de água das moléculas leva ao encolhimento da amostra, evento estrutural que reflete na forma externa do mineral, sendo visível macroscopicamente. A consequência visual desse evento é que as fraturas delgadas ou divisões nas estruturas cristalinas podem ocasionar a



**Figura 57.** Efeitos da umidade relativa do ar. (A) exemplar de hanksita em suporte de ferro. Acervo: Museu de Geociências da Universidade de São Paulo; (B) detalhe da ferrugem na região de contato entre o suporte e a amostra. Na base do suporte, mancha branca da parte da amostra que deliquesceu (a mudança de estado fez a solução gotejar sobre o suporte); (C) detalhe da região de contato entre amostra e suporte; (D) ferrugem na amostra, decorrente do contato com o material oxidado do suporte; (E) espectroscopia de energia dispersiva de raios X, realizada via microscopia eletrônica de varredura, do material coletado no suporte da hanksita. Os elementos Na, Cl e K são provenientes da hanksita; já os elementos Zn e Fe são provenientes da interação da amostra com o suporte. O Zn é resultante de camada protetora acrescentada ao suporte no tempo de sua confecção e o Fe é o próprio material do suporte.

total transformação do mineral em pó, resultando em sua completa desintegração.

Um exemplo representativo é o natron, um carbonato de sódio hidratado que se cristaliza no sistema monoclinico ( $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ). O natron é estável apenas em ambientes com UR entre 76,6 e 93,6%, aos 25°C. Em ambientes com UR maiores do que o máximo descrito, o mineral se desfaz em solução saturada. Já em níveis de UR inferiores ao mínimo de 76,6%, o natron efloresce, perdendo nove moléculas de água e transformando-se em termonatrata ( $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ), que se cristaliza no sistema ortorrômbico até chegar à porcentagem de 20,4%. Ao atingir essa porcentagem de UR a termonatrata perde a última molécula de água, transformando-se em outro mineral, a natrata ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ), carbonato anidro que se cristaliza no sistema monoclinico. Sua superfície, em contato com o ar, altera-se rapidamente para termonatrata.

Minerais higroscópicos são aqueles cuja água em sua estrutura pode variar em função da disponibilidade de água presente no ar em forma de umidade. Eles se tornam inchados, caso absorvam muita água, em ambientes de alta UR e encolhem, caso percam água para o ambiente, se a UR do ar estiver menor do que a necessária para manter sua estabilidade. Alguns minerais conseguem suportar essa alternância entre secagem e umidificação da estrutura. No entanto, outras estruturas minerais não suportam esse ciclo de expansão e encolhimento, o que pode levar ao rompimento da estrutura do mineral, ocasionando seu esfacelamento ou quebra (Howie, 1992).

Para armazenar os minerais sensíveis à UR, os melhores materiais utilizados como selantes são aqueles que permitem o mínimo de permeabilidade, pois, caso contrário, a amostra se desidrata por completo, uma vez que as reações ocorrem com mais rapidez em atmosferas menores. O melhor para esse propósito é o cloreto de polivinilideno (PVDC). O polivinilideno é uma fibra sintética produzida pela copolimerização do cloreto de vinilideno e do cloreto de vinilo. A maioria dos vernizes tem impermeabilidade entre cem e dez mil vezes maior que a do PVDC, o que significa que uma amostra que demoraria em torno de 150 anos para se desidratar com o PVDC, com outros selantes demoraria apenas 2 anos (Waller, 1992). É importante ressaltar que uma amostra sujeita a esse tipo de intervenção deve ser utilizada somente para exposição, ou fins didáticos, pois perde o interesse científico uma vez que não está mais em seu estado natural. Os demais tipos de recipientes de armazenamento (vidro, plástico ou metal) são todos imperfeitos, no que concerne à troca de umidade entre o interior do contêiner e o ambiente que circunda a amostra. A sílica gel, descrita posteriormente, é a melhor forma de proteger um mineral, para a criação de microclimas intermediários ou definitivos. É o único material não contaminante e que não produz poeira. Por isso, é sempre necessário que o ambiente de armazenamento esteja de acordo com a gama de possibilidades de estabilidade do mineral em determinada UR.

### *Pirita e marcassita – $\text{FeS}_2$*

O decaimento de sulfetos, em especial pirita, marcassita, pentlandita e pirrotita, é um dos principais problemas que afetam as coleções geológicas. A bibliografia destaca a pirita e seu polimorfo, a marcassita, como problemas recorrentes. Por possuírem as mesmas tendências ao esfacelamento e decomposição, o tratamento de ambos os minerais deve ser feito da mesma maneira.

A pirita se cristaliza no sistema cúbico, podendo apresentar hábito cúbico com cristais bem formados, visíveis macroscópicamente, ou em microcristais presentes nos três tipos de rochas. O tamanho dos cristais, bem como sua disseminação, é de grande influência no processo de decomposição.

Já a marcassita se cristaliza no sistema ortorrômbico e possui hábito tabular ou piramidal.

Esses minerais podem se apresentar em estado cristalino puro, em forma de cristais individuais, associados às rochas (microcristais finamente espalhados em rochas sedimentares, principalmente folhelhos) ou fósseis e ocorrerá perda total do material caso ele não seja tratado a tempo. Artefatos etnológicos ou arqueológicos (Figura 58) também podem ser danificados caso tenham pirita em sua composição. Animais vertebrados, mineralizados durante a fossilização, podem possuir pirita em sua formação.

A única prevenção possível para o esfacelamento da pirita é o rigoroso controle do ambiente museológico, principalmente no que concerne à UR.

O decaimento da pirita é caracterizado por eflorescências amarelas ou brancas que provocam a quebra do mineral, um forte cheiro ácido, aspecto de queimadura ou chamuscados



Fonte: [http://www.britishmuseum.org/explore/highlights/highlight\\_objects/aoa.aspx](http://www.britishmuseum.org/explore/highlights/highlight_objects/aoa.aspx). Acesso em 21/11/2013.

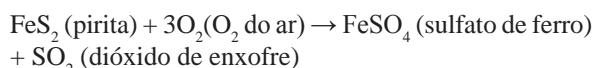
**Figura 58.** Máscara ritual azteca/mixteca, séculos XV/XVI, denominada The Skull of the Smoking Mirror. Esse artefato antropológico tem turquesa na maior parte de sua composição e, na área dos olhos, dois discos de pirita.

nas embalagens, etiquetas e até mesmo em algumas gavetas. A taxa das reações é variável e nas piores situações pode chegar a causar a destruição total do espécime. A bibliografia tem tratado esse assunto como decaimento ou apodrecimento da pirita, doença do fóssil ou, de forma mais correta e apurada, oxidação do sulfeto (Buttler, 1994), uma vez que qualquer sulfeto está propenso a esse tipo de reação, apesar de serem pirita e marcassita os minerais mais comumente afetados.

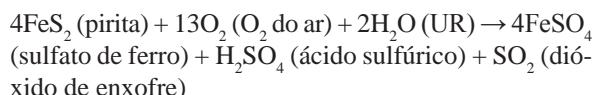
O decaimento da pirita é causado pela oxidação do ferro presente no mineral que, em contato com o oxigênio presente na água e no ar, libera íons, e dessa reação surge a ferrugem, que provoca paulatinamente a deterioração da peça original.

Na presença de oxigênio, a pirita se decompõe em sulfato de ferro e dióxido de enxofre (responsável pelo odor). Quando há presença de água (um ambiente com alta UR) há também a formação de ácido sulfúrico, o responsável pela queima das embalagens e etiquetas. Uma vasta gama de produtos da oxigenação pode ser fabricada dependendo da matriz à qual o mineral está associado, ou a outros minerais adjacentes. Simplificadamente, as reações que ocorrem com a oxigenação da pirita e da marcassita estão representadas a seguir:

1. Ao primeiro contato com o O<sub>2</sub> atmosférico, a pirita já começa a sofrer a seguinte transformação:



2. Se a atmosfera possuir grande quantidade de vapor de água, ou seja, elevada UR, normalmente acima de 60%, a água dispersa no ar também reagirá com o ferro, liberando, além de dióxido de enxofre, ácido sulfúrico:



A consequência física da mudança de fase associada à transformação do sulfeto em sulfato é o aumento do volume dos cristais da amostra, causando tensionamento das estruturas internas, o que resulta no esfacelamento da amostra.

Tal reação ocorre porque a pirita, assim como todos os sulfetos, foi formada em um ambiente no qual ainda não havia oxigênio livre na atmosfera. Dessa forma, ao ficar exposta numa atmosfera diferente de sua formação, com muito oxigênio (elemento estranho ao mineral), ele passa a interagir com a amostra, causando a oxidação. Quando o ambiente está com UR muito elevada, as partículas de água ficam soltas no ar, interferindo também na formação original do cristal. Devido a esses fatores é que ocorre a equação supracitada.

Apesar de ser um problema comum em coleções geológicas por todo o mundo (Figura 59), não são todos os cristais de

pirita que sofrem decaimento. As amostras mais facilmente atingidas são as que não estão bem cristalizadas, estruturadas na forma de microcristais ou microesferas. Os maiores cristais, com hábito perfeito, são mais estáveis. A estabilidade do mineral está, portanto, relacionada ao tamanho do grão do cristal. No entanto, Howie (1992) destaca que até os maiores cristais podem desenvolver manchas amarronzadas ou alaranjadas, ou surgir eflorescência.

As manchas nos cristais individuais ou agregados bem formados que aparecem na forma de discreta perda de brilho nas amostras ou na forma de coberturas alaranjadas ou marrons também são um problema comum de pirita e marcassita em museus. Tais manchas se desenvolvem em superfícies lisas de intercrescimento euhédricas de pirita estável, aparecendo primeiro como iridescência e após poucos dias se tornando alaranjadas ou marrons (Howie, 1992). O polimento da superfície causa diferenças de adsorção do oxigênio e do vapor de água do ar pelas faces do mineral. Além disso, pirita e marcassita possuem pequenas diferenças entre as propriedades físicas nas diversas faces.

Ao longo do tempo, muitas técnicas foram utilizadas na tentativa de tratar as amostras de pirita alteradas. Desde o século XIX se reconhece que a exposição da pirita ao ar causa danos ao mineral. Nessa época o armazenamento era recomendado junto com produtos como linhaça ou óleo de parafina. No início do século XX era sugerido que o ácido produzido no decaimento fosse neutralizado submetendo a amostra a um banho de carbonato de sódio ou solução de hidróxido, finalizado por impregnação com goma-laca. Na década de 1950 pensava-se que o decaimento da pirita fosse por ação bacteriana. Desse modo, os espécimes contaminados eram tratados com produtos antibacterianos. Por fim, o gás de amônia foi amplamente utilizado até a década de 1970.

Na década de 1990, os espécimes suscetíveis ao decaimento passaram a ser tratados quimicamente apenas se a reação química já tivesse tido início e se parecesse estar em processo adiantado de decomposição. A meta do tratamento era neutralizar e/ou remover os produtos ácidos resultantes da oxidação.

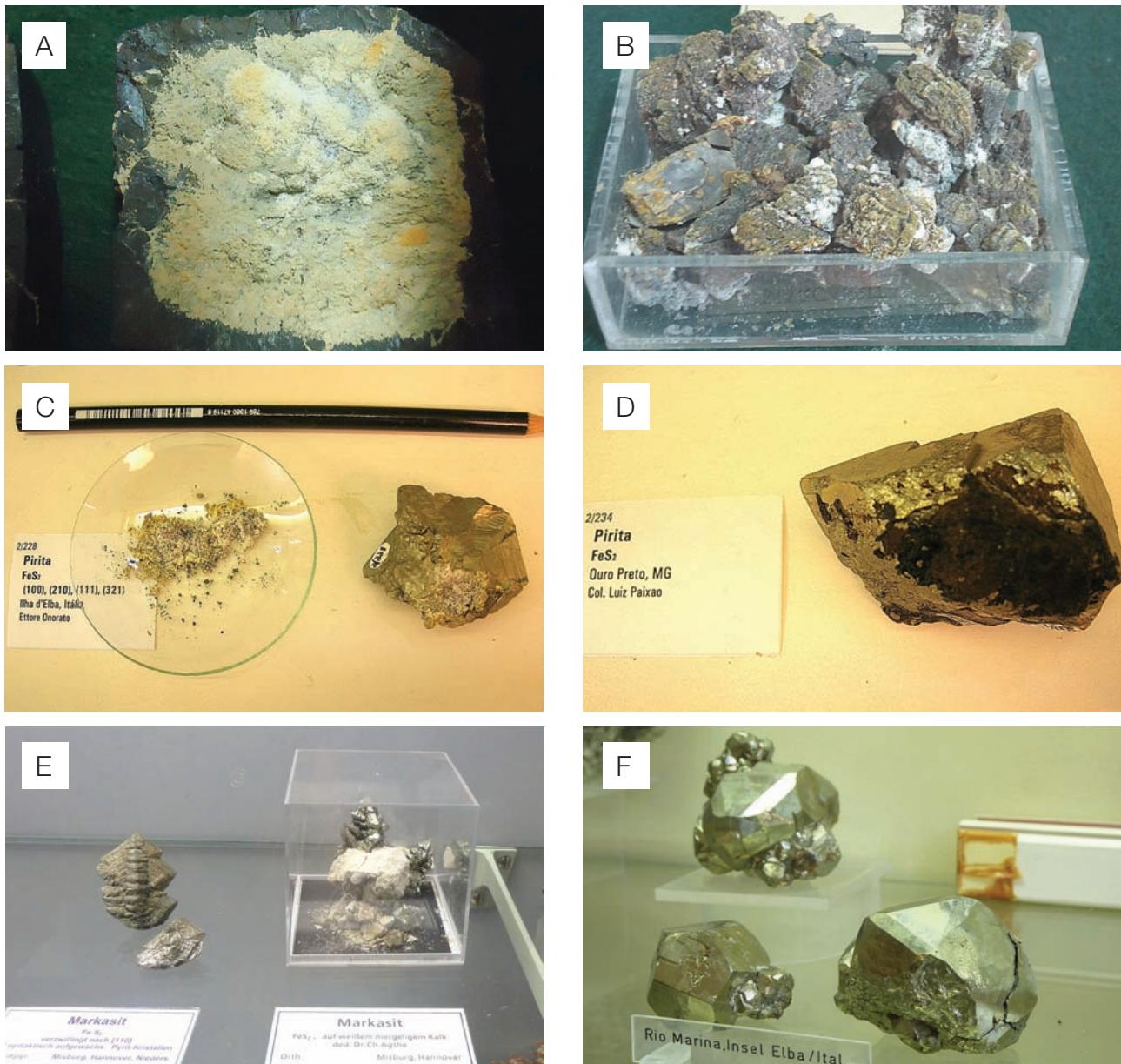
A fim de prevenir a oxidação de amostras recém coletadas, não se deve utilizar nenhum agente de limpeza à base de água, seja de natureza ácida ou básica. Recomenda-se a utilização de limpeza a seco ou com solventes orgânicos seguidos de armazenamento sob 30% de UR (Howie, 1992). Não se deve remover os minerais da paragênese a menos que seja para análise. No entanto, a pirita pode sofrer oxidação, mesmo em baixas taxas de UR, quando associada à galena (PbS) ou esfalerita (ZnS). Embalar espécimes reativos em embalagens de polietileno ou PVDC desencadeia as reações de oxidação dentro de um ou dois dias, uma vez que há oxigênio preso na embalagem. Por outro lado, se os espécimes forem secos e embalados a vácuo, essas embalagens podem ser utilizadas. As amostras também não devem

ser secas em forno, pois assim que o calor da amostra se dissipar (fora do forno), ela recomeça a absorver água do ar.

Para as amostras vindas do campo, o ideal é que sejam transferidas direto do laboratório para um dissecador ou então imersas em solventes orgânicos, como acetona seca ou isopropanol seco, por um ou dois dias, a fim de que a

água absorvida seja removida, e então transferida para um recipiente com sílica gel (Howie, 1992).

Muitos materiais utilizados como selantes para criar um revestimento protetor nas amostras não são eficientes, uma vez que não impedem a penetração de ar e vapor de água no interior dos exemplares, onde o processo de oxidação



**Figura 59.** Danos em pirita e macassita. (A) todas as fases de alteração e degradação possíveis de ocorrerem na pirita em uma só amostra: alteração para limonita, oxidação, eflorescência e esfacelamento; (B) esfacelamento de marcassita, decorrente da oxidação do sulfeto. (A e B): Acervo: Museu de Ciências da Terra, Departamento Nacional de Produção Mineral; (C) esfacelamento de pirita; (D) oxidação de pirita. (C e D): Acervo: Museu de Geociências da Universidade de São Paulo; (E) esfacelamento da marcassita. Acervo: Mineralogisches Sammlungen, Universidade Técnica de Berlim; (F) quebra em cristal de pirita, indicando o início de seu decaimento. Acervo: Mineralogisches Museum am Steinmann, Universidade de Bonn.

ainda pode ocorrer. Materiais muito utilizados no passado para esse fim eram goma-laca, baquelite, acetato de polivinil ou metacrilato de polibitil, muitas vezes, simultaneamente. Adesivos e consolidantes devem ser orgânicos e sem água em sua composição, além de reversíveis (Buttler, 1994).

O melhor método para tratar o decaimento da pirita é a prevenção. Não há tratamento químico possível para a pirita já esfacelada, apenas para a oxidação em andamento. Uma vez que a amostra apresenta sinais de decaimento, é possível interrompê-lo tomando as medidas de controle de UR e temperatura, além de verificar as interações com outros minerais. O mineral, ou material suscetível ao decaimento (caso dos fósseis), deve ser mantido em ambiente de baixa UR, menor do que 50%, sendo o ambiente ideal de 30% de UR. Em ambas as taxas, o importante é que a UR deve sempre ser constante, como descrito no item sobre umidade relativa.

Pequenas cabines ou caixas com boa vedação podem ser mantidas por longos períodos com a UR entre 30 e 40% apenas com a utilização de sílica gel. Vitrinas maiores ou reservas técnicas devem ter a UR controlada por climatizadores, sempre em torno de 30%. Vale ressaltar que, dependendo do espaço e dos recursos financeiros disponíveis, a taxa de UR ideal deve ser encontrada pelo curador levando em conta todos os materiais sensíveis a ela e as taxas de que necessitam. Para os sulfetos em geral, as taxas devem estar em torno de 30%, mas se houver material que necessite de um pouco mais de umidade, o curador deve avaliar e, dependendo, é possível procurar uma alternativa desde que não ultrapasse 50% de UR.

### *Folhelhos*

Folhelho é uma rocha sedimentar detrítica formada por partículas com diâmetro menor do que 0,0625 mm. É composta principalmente por minerais argilosos (silicatos hidratados de alumínio, com algumas substituições de ferro e magnésio) e quartzo com pequenas quantidades de feldspatos, carbonatos e minerais contendo ferro (pirita). Os folhelhos são formados por meio de deposição de sedimentos tanto em água doce quanto em água salgada. O pH da água doce é ácido (aproximadamente 4,7), já os materiais provenientes da água salgada são levemente básicos (pH de aproximadamente 7,8), por isso os folhelhos de água doce que contêm pirita estão mais suscetíveis ao decaimento (Dollery, 1994).

Trata-se de um tipo de rocha muito comum em coleções petrográficas e paleontológicas e também um dos materiais de coleções geológicas mais sensíveis ao ambiente, tendendo a se dividir em lâminas de maneira irreversível causando, assim, a destruição da rocha e dos elementos associados, no caso de fósseis ou outros materiais associados a ela.

A cor dos folhelhos é produzida pela quantidade de óxidos de ferro presentes na rocha. A presença do Fe no estado

férrico ( $Fe^{3+}$ ) produz folhelhos avermelhados e a presença de Fe no estado ferroso ( $Fe^{2+}$ ) leva à coloração esverdeada ou preta do folhelho. A coloração escura também pode provir da presença de matéria orgânica na amostra, já que a mesma é comum em terrenos sedimentares. Quanto mais escuro o folhelho, maior a presença de matéria orgânica (material carbonáceo) presente na amostra.

Muitos folhelhos têm predisposição para se dividir ou se separar em camadas ao longo de superfícies relativamente lisas e paralelas ao plano bandado. As laminationes produzidas como resultado das fissuras abrangem espessuras de 0,05 a 1,00 mm. As fissilidades crescem quanto maior for o conteúdo orgânico da rocha e, ao contrário, diminuem quanto maior a quantidade de sílica ou calcário presente. As fissilidades também têm relação com a taxa de deposição, assim, um folhelho resultante de uma deposição uniforme e por tempo prolongado é menos suscetível a sofrer laminationes.

Há três razões para a deterioração dos folhelhos:

- (1) danos físicos causados por mau acondicionamento e manuseio;
- (2) lamination causada por ambiente museológico inadequado;
- (3) decaimento da pirita presente no folhelho.

Os folhelhos sofrem delaminação em ambientes muito secos. Isso ocorre devido à desidratação e consequente encolhimento dos argilominerais que compõem o folhelho. As estruturas cristalinas de alguns argilominerais expandem e/ou contraem de acordo com o conteúdo de água na amostra. Entretanto, existe um ponto crítico (cerca de 35% de UR), abaixo do qual os argilominerais perderão a capacidade de expandir/contrair devido à perda de água adsorvida (Dollery, 1994). Uma vez ocorrido isso, não há possibilidade de restaurar a rocha rehidratando seus minerais. Como no caso da pirita, não há solução para a delaminação dos folhelhos, apenas medidas profiláticas para que tal dano não ocorra. A melhor maneira de garantir uma vida longa aos folhelhos é exibi-los ou acondicioná-los em ambientes cuja UR esteja rigorosamente controlada (em constância e valores) em 50%. Essa meta pode ser atingida com o uso do ar condicionado, caso seja um ambiente que envolva outras amostras, ou armazenando-a em caixas hermeticamente fechadas de polietileno, condicionadas na presença de sílica gel ou outro agente desumidificante.

Uma vez que o folhelho já esteja ressecado e delaminado (Figura 60), deve-se preencher as fendas entre as laminationes para evitar que o manuseio indevido a destrua completamente com o aumento das fissilidades. Um bom preenchimento é produzido com uma mistura de 15 a 20% de solução de paraloid ou acriloide B72 em acetona. Caso não haja interesse científico na amostra, apenas comprometimento estético com a exposição, podem ser adicionados pigmentos a essa mistura, ou então a amostra pode ser pintada com tinta acrílica quando o preenchimento já estiver seco.

## Temperatura

A maioria dos minerais é estável somente quando são mantidas as condições de temperatura de sua formação, geralmente altas (acima de 300°C). Por isso, a maior parte dos minerais de museus, se já não estão alterados, encontram-se em situação metaestável. A temperatura afeta os minerais de museus de quatro formas: pela volatilização, pela dissociação de hidratos, pela decrepitação de inclusões fluidas (crepitação e desintegração de cristais sob ação do calor, que dilui a água contida neles) e por choque térmico.

A volatilização se configura na perda de substâncias químicas voláteis do mineral por meio de sua conversão em vapor. Pode ocorrer na forma de sublimação ou dissociação (Waller, 1992). É causada devido à diferença entre as pressões de vapor dos elementos químicos presentes no mineral e do ambiente que circunda a amostra, visto que a pressão de vapor é uma grandeza dependente da temperatura.

Já a dissociação de minerais hidratados libera vapor de água e sólidos. Na maior parte dos casos, é possível evitar a volatilização mantendo espécimes voláteis a baixa temperatura, porém o mais indicado é manter os exemplares em recipientes hermeticamente vedados.

As crepitações de inclusões fluidas ocorrem quando a pressão é suficiente para estourar espontaneamente as cavidades nas quais os líquidos (geralmente água com CO<sub>2</sub> ou alguma solução salina) estão inseridos. É possível que alguns tipos de iluminações incidentes diretamente sobre essas amostras, principalmente a luz do dia, aqueçam suficientemente o mineral a ponto do coeficiente termal no interior das inclusões ser maior do que o coeficiente termal do mineral. As crepitações dependem de vários fatores, além da temperatura, que não serão discutidos neste trabalho. Por esse motivo, não é possível estabelecer um limite seguro de temperatura para tais amostras. O que deve ser feito, como medida de cautela, é não transportar amostras que contenham inclusões fluidas em climas quentes, ou sob o sol;

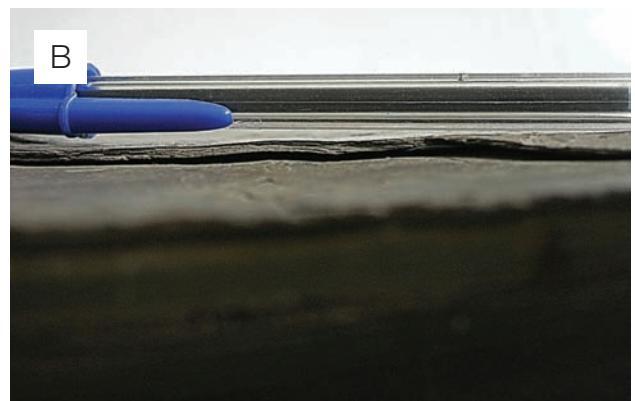
escolher uma fonte luminosa que não libere muito calor sobre a amostra (evitar lâmpadas incandescentes) na hora de expô-la e controlar a iluminação utilizada em fotografias.

Os choques térmicos acontecem quando os danos no mineral, geralmente fraturas, ocorrem como consequência direta da variação da temperatura. Os minerais possuem entre um e três coeficientes de expansão termal, de acordo com o sistema cristalino ao qual pertencem. Esses coeficientes determinam a direção e o tipo de expansão à qual o mineral será submetido caso seja aquecido.

Os coeficientes de expansão termal linear, de acordo com o sistema cristalino, são apresentados a seguir. Dos sistemas cristalinos, o isométrico (ou cúbico) é o único que possui apenas um coeficiente de expansão termal linear, ou seja, a expansão é igual em todas as direções. Os sistemas trigonal, hexagonal e tetragonal possuem dois coeficientes, um paralelo ao eixo cristalográfico c e outro paralelo ao eixo a. Os sistemas ortorrômbico, monoclinico e triclinico possuem três coeficientes, paralelos aos eixos cristalográficos a, b e c (Waller, 1992).

A maioria dos minerais possui coeficientes positivos, o que faz com que as expansões ocorram em todas as direções de aquecimento. Essa movimentação resultará em um estresse compressional na parte externa do mineral e um estresse tensional na parte interna. Essas tensões acabam resultando em fraturas com ângulos de 45° ao longo da superfície mineral. Ao contrário, caso haja um resfriamento desses mesmos minerais, haverá o tensionamento oposto: estresse tensional na parte de fora e estresse compressional na parte interna. As fissuras, então, serão perpendiculares às faces do cristal.

Alguns carbonatos, em especial os que possuem a estrutura da calcita, possuem coeficientes positivos e negativos, o que permite haver dois tipos de tensões opostas na mesma face do mineral. Quando o mineral possui plano de clivagem, a quebra ocorre na direção do plano; caso o mineral não possua clivagem, a fratura ocorrerá nas áreas de menor



**Figura 60.** Folhelho. (A) aspecto de folhelho ressecado, com fissuras de grande espessura; (B) aspecto de uma das camadas de delaminação do mesmo folhelho. Acervo: Museu de Geociências da Universidade de São Paulo.

tensão, podendo levar à partição total do exemplar. Algumas características contribuem para que ocorra choque térmico: altos coeficientes de expansão térmica, baixa condutibilidade térmica, baixa tenacidade, clivagem perfeita, fraturas ou clivagens pré-existentes, além da presença de inclusões fluidas. Com relação ao ambiente, grandes variações de temperatura e constantes trocas de calor com o espécime são propensas a desenvolver o choque (Waller, 1992).

As temperaturas indicadas para armazenamento são de 15°C, variando para mais ou menos 5 graus. Temperaturas abaixo de 10°C devem ser evitadas, pois há o risco de aumento da umidade relativa e consequente condensação.

Indica-se medir a temperatura constantemente com termômetros comuns, com precisão ajustada para mais ou menos 3°C. Os termostatos dos aquecedores, quando necessários, devem ser ajustados com a mesma precisão.

### *Danos e eflorescência de sais*

Nas rochas, materiais de construção ou cerâmicas porosas, eflorescência se refere à deterioração desses materiais pela cristalização de sais em suas superfícies. Nesse caso, vários tipos de sais se formam devido a diferentes fatores, principalmente os associados ao movimento de água, dependendo do ambiente em que estão. A água reage com os sais solúveis da superfície das rochas, criando uma solução saturada. Mais tarde, com a evaporação dessa água de superfície, o sal se cristaliza nos poros da rocha, formando a eflorescência. Quando a cristalização ocorre próximo à superfície (subflorescência), as forças de cristalização podem romper a estrutura da rocha, levando à quebra da superfície e consequente fragmentação. A cristalização na superfície é física e esteticamente prejudicial, e as tentativas de remoção podem igualmente resultar no esfacelamento da rocha por meio da abrasão da superfície, causada tanto pela utilização dos métodos molhados (químicos) quanto secos de limpeza e remoção de sais.

A eflorescência depende do tipo de ambiente em que a amostra se encontra. Museus em cidades litorâneas tendem a perder muitos exemplares com esse problema, pois o contato do material com o ambiente marinho propicia a formação de halita (NaCl) em sua superfície. Outra possibilidade é a absorção de sais atmosféricos provenientes das reações com gases poluentes.

É importante ressaltar que, quanto menor o poro, maior a degradação sofrida pela rocha, pois se o poro for grande há possibilidade do cristal se formar dentro dele, não atingindo suas bordas e não comprometendo a estrutura da rocha. Já se o poro for pequeno, o cristal crescerá e romperá os limites do poro, causando fraturas na rocha.

Quando há alta UR no ambiente e a rocha possui sais solúveis em sua superfície, a deliquescência causa a dissolução do sal por si só, pois ele absorve a água do ambiente.

A solução saturada formada a partir da dissolução do sal com a água do ambiente tende a migrar para uma superfície mais seca da rocha. Em períodos em que a UR do ar estiver mais baixa, a solução perderá água para o ambiente por meio da evaporação, causando a recristalização dos sais.

Alguns sais eflorescem na forma de duras camadas de concreções brancas (pois penetram de forma mais profunda na superfície da rocha, de acordo com a intensidade com que se deu a situação descrita), particularmente sulfato de cálcio ( $CaSO_4$ ), mas, mais comumente, sulfato de sódio ( $NaSO_4$ ), que causam as maiores massas brancas nas superfícies das rochas, usualmente confundidas com fungos. Esse é um problema sério, pois muitas vezes a eflorescência pode ser amenizada com tratamento químico (inertização dos sais formados por imersão da amostra em soluções supersaturadas do mesmo sal). Se houver um engano no diagnóstico, levando a um tratamento errôneo do problema, pode causar o manchamento da superfície rochosa ou destruição da amostra, caso seja uma rocha já com grande quantidade de sais.

O tratamento da eflorescência, nesse caso, é vinculado ao conhecimento do tipo de rocha. Cada tipo de rocha requer um tratamento adequado à sua composição química e características relacionadas ao ambiente de formação.

Especialmente em coleções antigas, a documentação de coleta da amostra é uma fonte importante para determinar o sítio de coleta e, consequentemente, diagnosticar o tratamento da amostra. No entanto, essa é uma possibilidade remota à maioria dos museus e coleções brasileiras, as quais, em sua maioria, não apresentam documentação precisa da amostra. As documentações foram perdidas ou por ação do tempo (desgaste físico no manuseio, incêndios, umidade, enchentes) ou por desconhecimento do responsável pela documentação. No Brasil, é muito comum as pessoas terem o ímpeto de descartarem objetos e papéis que consideram velharias sem importância.

A maneira menos invasiva de tratamento é o controle do ambiente onde está a rocha. Os espécimes são removidos do local onde podem absorver sais solúveis e colocados em outro ambiente, com temperatura e UR constantes, os quais minimizarão a interação da rocha com as soluções salinas.

A eflorescência em coleções geológicas demonstra más condições do ambiente museológico, inspeção inadequada e, principalmente, ineficiência no gerenciamento das coleções.

Para que a prevenção seja bem sucedida, por meio de acompanhamento adequado, é imprescindível que haja identificação exata dos minerais suscetíveis a esse tipo de dano (uma extensa lista pode ser encontrada em Howie, 1992), além de um preciso monitoramento das condições de UR do ambiente de exposição e do ambiente de reserva técnica, ou outro tipo de armazenamento, como as quarentenas.

Minerais suscetíveis devem ser expostos, armazenados ou pesquisados sob severo controle de UR e temperatura,

sendo a UR de 50% (variável para mais ou menos 5%) e a temperatura de 15°C (variando em mais ou menos 5°C).

### Meteoritos

Em linhas gerais, meteoritos são fragmentos naturais de matéria extraterrestre que, durante sua trajetória no espaço, acabam por ser desviados pela força do campo gravitacional terrestre e são atraídos para a atmosfera. Durante a queda, esses corpos sofrem perda de massa devido ao calor gerado pelo atrito com o ar, e muitos nem chegam a tocar o solo. Os meteoritos são uma fonte única de informação sobre uma vasta gama de eventos associados à origem do sistema solar; daí seu inestimável valor científico e necessidade primordial de conservação em coleções geológicas.

De acordo com Teixeira et al. (2009), os meteoritos podem ser, simplificadamente, assim divididos:

- Meteoritos rochosos: são cerca de 95% dos exemplares encontrados na superfície da Terra. São subdivididos em condritos (olivinas, piroxênios e liga metálica Fe-Ni) e acondritos (olivinas, piroxênios e plagioclásio);
- Meteoritos ferro-pétreos ou siderólitos: apenas 1% dos meteoritos encontrados na superfície, formados por mistura de minerais silicáticos e ligas de ferro e níquel;
- Meteoritos metálicos ou sideritos: somam 4% das descobertas de meteoritos na Terra. São constituídos essencialmente por liga metálica de ferro e níquel.

Muitos meteoritos são compostos por agregados de minerais, alguns dos quais são desconhecidos na Terra (Bevan, 1992), tornando a presença desses minerais em amostras desconhecidas uma das formas de diagnosticar meteoritos. Em geral, as seguintes associações minerais são encontradas em meteoritos, como ilustra a Tabela 11.

Os meteoritos são formados em ambientes ausentes de oxigênio livre (mesmo caso dos sulfetos), por isso, devido à sua composição metálica, muitos que caem em climas tropicais ou temperados se desintegram muito rápido, pois o ferro, em contato com o O<sub>2</sub> do ar e a grande oferta de água no ambiente (alta UR) nesses tipos de clima, aceleram o processo de oxidação, que se inicia assim que o corpo entra

em contato com a atmosfera terrestre. Já os que caem em climas desérticos, se preservam muito mais tempo desde sua queda. No caso de meteoritos recuperados logo após sua queda, a meta de conservação passa a ser minimizar tanto quanto possível futuras contaminações pelo ambiente terrestre. Ao mesmo tempo, a crosta de fusão (camada externa do meteorito, que derrete devido ao atrito com o ar da atmosfera terrestre durante sua queda), consequência primeira da contaminação terrestre, age como uma proteção temporária, vedando o interior do meteorito (Bevan, 1992).

Diferentemente das formas de conservação anteriormente abordadas, que dependiam muito mais de medidas profiláticas simples do que de grandes intervenções, a conservação de meteoritos está relacionada à necessidade de grande aporte financeiro. Compreender o processo de formação dos diferentes tipos de meteoritos pode auxiliar na prevenção de alguns danos.

A alta concentração de ferro existente na maioria dos meteoritos os torna muito propícios a ter corrosão, provocada por reações naturais de oxidação, que pioram em ambientes com UR elevadas. É um dos problemas que mais afetam coleções de meteoritos. Quanto maior o teor de ferro na composição química da amostra, mais o exemplar será afetado. Esse processo continua até que todo o ferro disponível seja convertido em ferro trivalente e, no limite, o meteorito terá a aparência de uma rocha terrestre (Whitenack, 2008). Como produto da oxidação, pode ocorrer a formação de hidróxidos de ferro, sendo a goethita [α-Fe<sup>3+</sup>O(OH)] o mineral mais conhecido. O aumento de volume provocado pela formação do novo mineral pode resultar em um rompimento da amostra em seus planos de fraqueza (Bevan, 1992), como ilustra a Figura 61A.

Uma questão recentemente colocada em pauta como possível causa da corrosão em meteoritos metálicos é a presença de cloretos em sua estrutura. Os cloretos, quando encontrados, são provenientes da água subterrânea do local de queda do meteorito. Os cloretos facilitam o processo de oxidação do mineral kamacita (Fe,Ni), pobre em níquel ± 7%, transformando-o em akaganeita [β-Fe<sup>3+</sup>O(OH,Cl)]. O calor aliado à alta UR pode liberar o cloro presente na akaganeita, permitindo a mudança para outro sítio da estrutura do

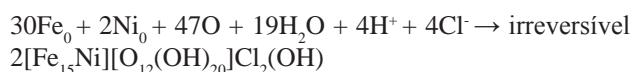
**Tabela 11.** Principais associações minerais em meteoritos.

Grupo mineral	Classificação	Características	Fórmula química
Olivinas	Silicato (Nesossilicato)	Ricos em Fe ou Mg Cor verde-clara a amarela Brilho vítreo	$(Mg,Fe^{2+})_2SiO_4$
Piroxênios	Silicato (Inossilicato)	Ricos em Fe, Mg, Ca Cor verde-escura Brilho vítreo	$(Fe,Mg,Ca)_2Si_2O_6$
Minerais Metálicos	Elementos nativos	Liga de Fe-Ni nativos Alta densidade	FeNi

Fonte: Bevan, 1992.

meteorito e assim acelerar o processo de corrosão. No interior do meteorito se forma então uma célula eletrolítica, que funciona como ponte de sal facilitando o processo de oxidação. Assim, a remoção desses cloreto é a fórmula para a “cura” do meteorito. Nos casos em que há cloreto envolvidos no processo de oxidação, o ideal é que se façam sucessivos banhos eletrolíticos até eliminar completamente o cloro no meteorito. Apesar de ser um processo eficiente e de baixo custo, é praticamente aplicável apenas em meteoritos de pequenas dimensões.

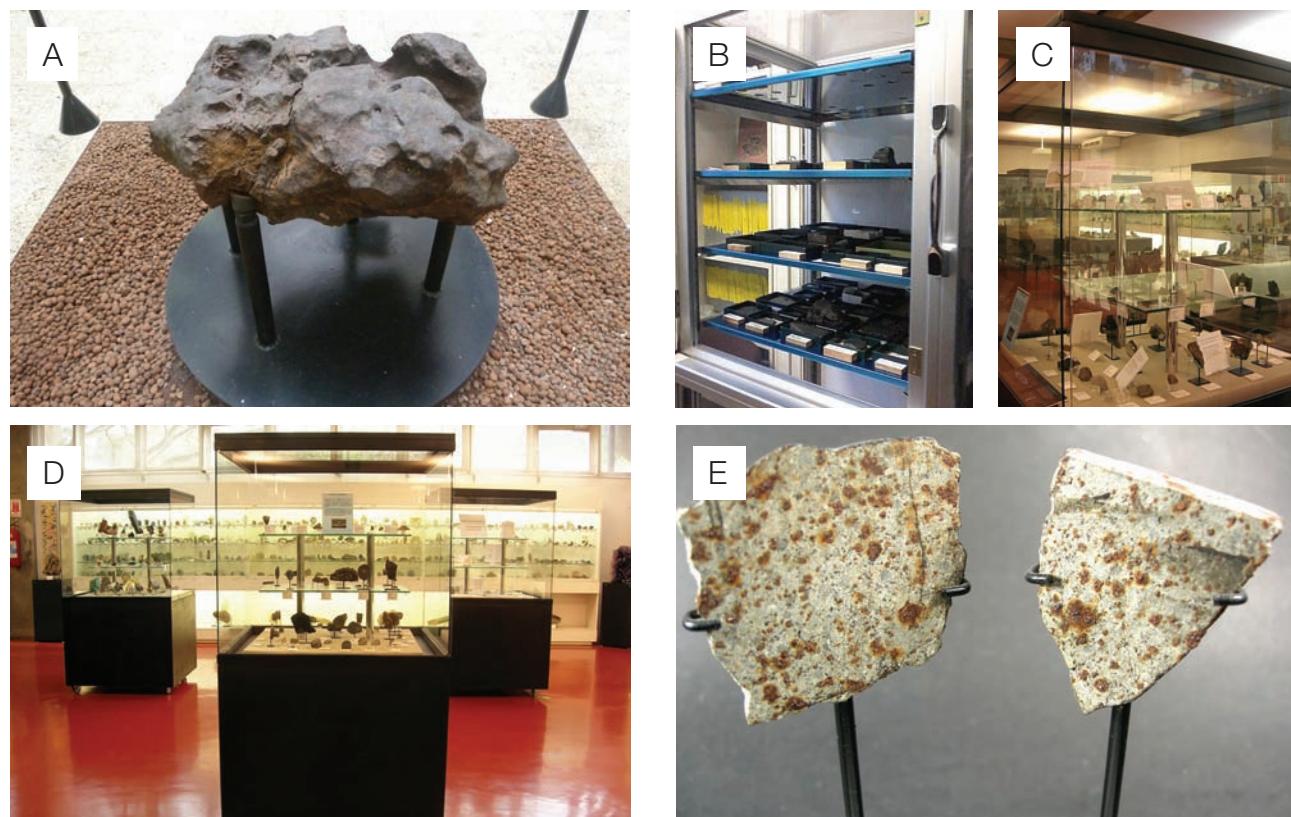
A reação acima descrita pode ser assim representada por:



Se o meteorito for submetido à umidade e ao calor, o hidróxido pode trocar de lugar com o cloro, liberando mais cloro disponível para reação, levando adiante o processo de

corrosão. Assim que a akaganeita perde seu cloro, ela se estabiliza em hidróxidos de ferro como goethita [ $\alpha\text{-Fe}^{3+}\text{O}(\text{OH})$ ] e maghemita isométrica ( $\text{Fe}_2^{3+}\text{O}_3$ ) (Whitenack, 2008).

Para prevenir o avanço da ferrugem, é necessário diminuir ao mínimo a umidade do ambiente de armazenamento, uma vez que conseguir uma atmosfera sem oxigênio é muito custoso para a maioria das coleções. A melhor forma de atingir esse objetivo é utilizar um recipiente bem vedado para guardar a amostra e colocar junto a ela um material absorvente de umidade. Embalagens de polietileno de calibre pesado são à prova d’água e por isso viáveis para guardar meteoritos. Os exemplares com maior teor de ferro devem ser armazenados em duas embalagens, e a mais interna deve ter um indicador de absorção de umidade com sílica gel. O monitoramento da UR no entorno desses meteoritos (Figura 61B) deve ser feito em intervalos regulares, com troca da sílica gel e das embalagens. A periodicidade desse monitoramento deve constar na política de gestão de acervo



**Figura 61.** Meteoritos. (A) meteorito Itapuranga exposto no saguão do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo. A oxidação do ferro da amostra está proporcionando o aumento da quebra do material em seus planos de fraqueza; (B) no Museum für Naturkunde Berlin, os meteoritos metálicos são armazenados em vitrinas de vidro vedado com o fundo forrado por sílica gel. Um higrômetro controla constantemente a umidade do local, sempre menor do que 50%; (C) a abertura lateral da vitrina de meteoritos propicia a contaminação dos espécimes pela umidade, variação de temperatura e poluentes do ambiente; (D) aspecto geral da vitrina de meteoritos. À exceção de dois exemplares, toda a coleção está exposta nessa vitrina; (E) manchas de oxidação do ferro e rachadura em condrito provocada pela ferrugem. Largura da fotografia: 7 cm. (C, D e E): Acervo: Museu de Geociências da Universidade de São Paulo.

do museu. É importante ressaltar que se a corrosão tiver como causa a presença de cloreto no interior do meteorito, o controle ambiental não irá extinguir o processo. A presença de cloro na estrutura do meteorito pode ser detectada, primariamente, por difração de raios X, na parte mais fresca da oxidação (parte avermelhada do meteorito).

As Figuras 61C a 61E ilustram alguns meteoritos do Museu de Geociências da USP.

Outro problema de maior proporção se refere às interações entre os minerais meteoríticos e os sais do ambiente: eflorescência e deliquescência.

Um exemplo são os condritos carbonáceos, que contêm o mineral epsomita ( $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ ) em sua composição, muitas vezes em grande quantidade. Esse mineral se dissolve rapidamente em altas umidades, eflorescendo no meteorito e podendo resultar na perda do espécime ao qual está associado. Por conterem cerca de 20% de água em sua composição, na forma de sulfato hidratado, os condritos têm grande tendência a se autodestruírem ao longo do tempo (Bevan, 1992).

No ambiente museológico é necessário que os meteoritos tenham um acondicionamento especial, no que concerne à temperatura, UR e vedação das embalagens. É necessário que estejam armazenados em reservas técnicas com temperatura baixa a moderada, ambiente livre de poeiras (com filtro de ar) e vedação maior possível (da sala com relação aos ambientes externos).

Há casos, como o Museu de Geociências da USP, em que a coleção de meteoritos é pequena (em tamanho e número dos exemplares), o que inviabiliza manter os exemplares em reserva técnica, estando os mesmos em exposição permanente. Em casos como esse, é recomendável a confecção de uma vitrina especial, bem vedada, com controle interno de temperatura e umidade. Por se tratar de materiais com alta densidade, é necessário que as gavetas ou prateleiras que armazenem os exemplares sejam constituídas de material forte o bastante para suportar o peso. Para exemplares maiores, é necessário embalar a amostra em polietileno e estocar em estantes fortes. Para amostras muito grandes, maiores do que as amostras de mão (isso dependendo espaço que cada museu pode dispor para o armazenamento de material), é necessária a confecção de depósitos especiais para a(s) amostra(s), que levem em consideração a necessidade de boa fixação no espaço escolhido (a fim de não haver queda do material), a logística do armazenamento (o material não poderá ser retirado regularmente desse espaço) e a criação de um microclima para evitar contaminação, ferrugem, eflorescência ou deliquescência do meteorito.

Em relação à numeração dos exemplares, vale destacar que as tintas e colas normalmente utilizadas na marcação de materiais geológicos são contaminantes em meteoritos. Exemplares comuns podem ter o número afixado na crosta de fusão da superfície meteorítica, enquanto que os

materiais raros, como condritos carbonáceos, devem permanecer na coleção sem numeração na amostra. A coleção deve ser monitorada constantemente e os dados atualizados e registrados na forma de organização corrente do museu.

A Figura 62 ilustra exemplos de acondicionamento de meteoritos.

### *Materiais para conservação de amostras*

Poucos são os materiais que podem ser utilizados para reparo de amostras sem produzir efeitos colaterais, por isso a conservação prévia da coleção deve ser prioridade. Este item identificará os principais materiais utilizados para o tratamento de amostras geológicas em cada uma das etapas de conservação.

### *Identificação das amostras*

É imprescindível que os minerais sejam corretamente identificados, a fim de que casos perigosos, como minerais asbestiformes, tóxicos ou radioativos, sejam prontamente reconhecidos antes do contato manual com a amostra. Tal procedimento inclui identificação na sala de armazenamento, nas estantes, gavetas e, o mais difícil e delicado, na própria amostra.

Para identificação dos exemplares geológicos, é necessário que as etiquetas e materiais para numeração de amostras (assim como qualquer material que for entrar em contato com as amostras) tenham algumas características:

- Estabilidade: devem ser quimicamente o mais estável possível, para que não haja reação com os minerais componentes da amostra, ou com os produtos de alteração da mesma;
- Longevidade: devem ter durabilidade, a fim de garantir a legibilidade das informações pelo máximo tempo possível;
- Impermeabilidade: devem prevenir a absorção de tintas de marcação por materiais porosos;
- Reversibilidade: deve ser reversível, caso a amostra tenha que ser renumerada (embora tal procedimento não seja indicado) ou realocada em outra coleção.

Como regras gerais para marcação do número nas amostras (Munyer, 1997), deve-se escolher o local mais acessível do exemplar, fora do olhar do público (Figura 63); escolher a superfície mais plana, e que não vá sofrer possíveis abrasões (em minerais metálicos é uma regra difícil de seguir, pois não é possível prever onde a corrosão irá ocorrer); não colocar a marcação perto da base de apoio da amostra, a fim de evitar manuseio excessivo durante a procura da numeração. Se o mineral ou rocha for exposto com todas as faces à mostra, a marcação deve ser feita na parte inferior.

As marcações podem ser feitas com fita, verniz e adesivo, descritos a seguir:

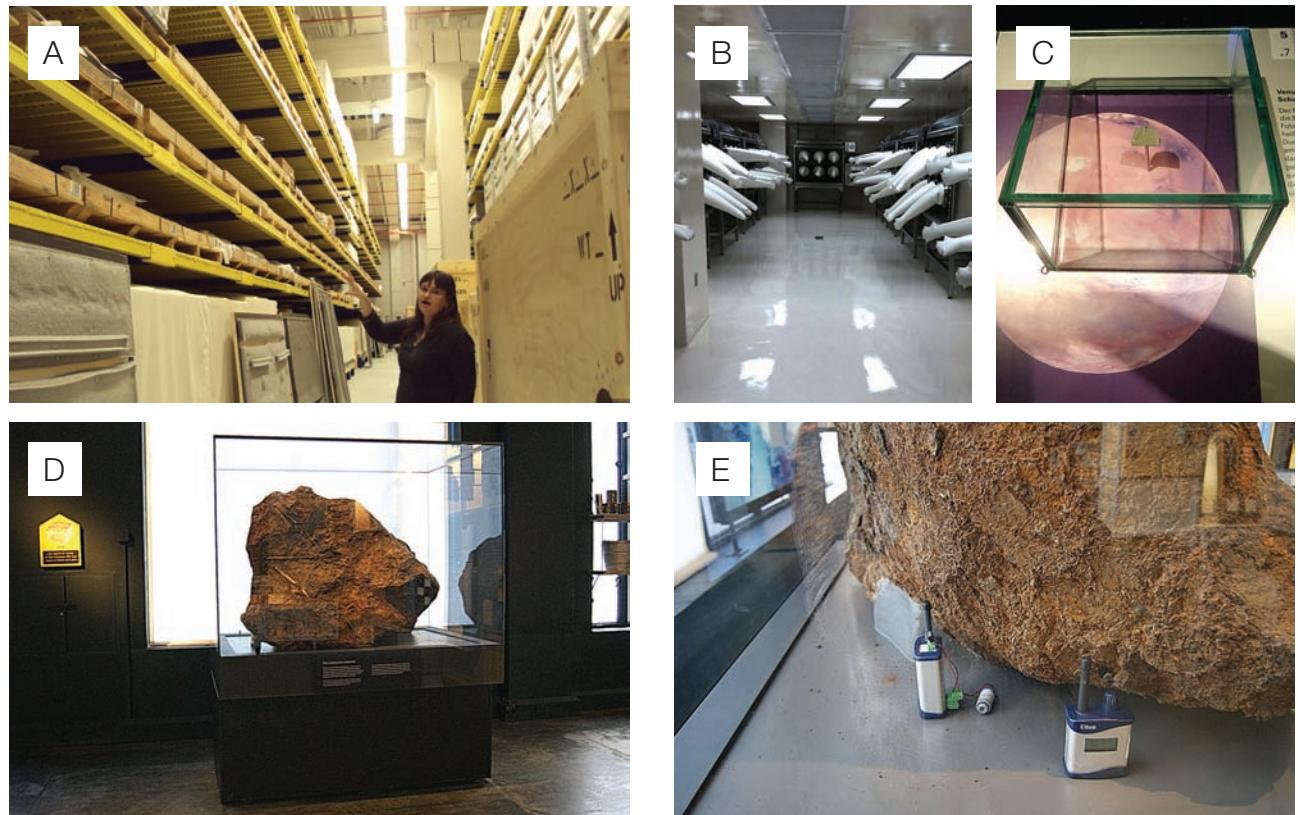
- Filmoplast P tape: trata-se de uma fita de papel transparente, de pH neutro, revestida com adesivo solúvel em

água, sendo por isso adequada para utilização de marcação em amostras, já que é um procedimento reversível.

- Paraloide B-72 (Paraloid B-72) ou acriloide B-72 (Acriloid B-72): é um copolímero acrílico que responde afirmativamente a todos os critérios citados. É uma resina útil para a prevenção de ondulações, descamação e perda da legibilidade da informação e não é reativa a baixas umidades. Em concentrações baixas (5% de resina e 95% de solvente) é verniz ideal para cobertura em descamações e decaimentos. Para utilizar como adesivo, a concentração deve ser mais alta (20% de produto e 80% de solvente). Para diluir a resina sólida, utiliza-se a acetona por ser menos prejudicial para as pessoas encarregadas dessa atividade, mas é solúvel também em tilueno e xileno. Não se dilui em *tinner*.

Utilização em numeração de amostras (Sullivan e Cumberland, 1993):

- Solução de 25% de Acriloide B-72 verniz incolor em frasco com pincel aplicador na tampa;
- Solução de 25% de Acriloide B-72 verniz branco em frasco com pincel aplicador na tampa (utiliza-se a resina branca para a aplicação em espécimes escuros ou coloridos);
- Tinta preta permanente, com maior teor de carbono possível (tintas acrílicas fluidas causam corrosão em metais, especialmente cobre);
- Acetona;
- Pincéis artísticos;
- Papel toalha;
- Cotonetes;
- Água.



**Figura 62.** Armazenamento e exposição de amostras. (A). Exemplo de reserva técnica específica para amostras de grandes dimensões, no Museum Support Center. No caso de meteoritos, o espaço deve ter controle de temperatura e umidade relativa, além de filtros de ar. (B) vista da sala onde estão armazenados meteoritos lunares no Museum Support Center, do Smithsonian Natural History Museum, Suitland, Maryland. Cada cabine é abastecida com gás nitrogênio, livre de água e oxigênio. Este procedimento mantém os meteoritos e rochas lunares livres de sofrerem oxidação e interferência de poluentes do ambiente, como metais pesados e sais; Fonte: [mineralsciences.si.edu/research/meteorites/antarctica/curation.htm](http://mineralsciences.si.edu/research/meteorites/antarctica/curation.htm); (C) meteorito lunar no Ries Crater Museum Nördlingen. O espécime fica exposto em uma redoma de vidro e possui um suporte especialmente produzido para ilustrar a melhor face para os visitantes; (D) meteorito Cranbourne, com 3,5 toneladas exposto no Natural History Museum, em Londres. Ele está acondicionado em uma vitrina especialmente vedada a fim de manter a temperatura e a umidade em seu interior; (E) detalhe dos equipamentos para constante monitoramento de temperatura e umidade no interior da vitrina do meteorito Cranbourne, no London Natural History Museum. O nitrogênio seco garante a ausência de O<sub>2</sub> do ambiente.

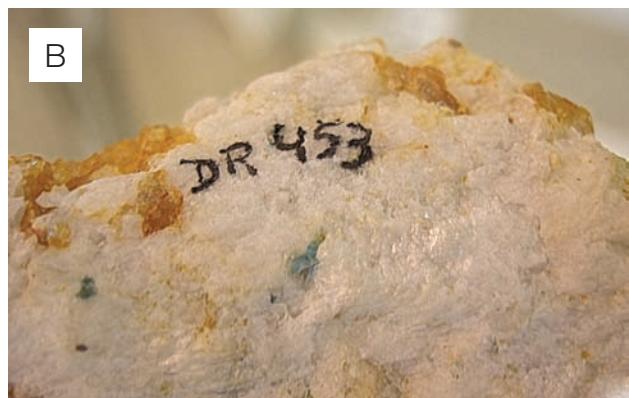
O referido procedimento de numeração não se aplica a papéis, tecidos, superfícies de madeira, metais e superfícies com pó.

As marcações devem ser feitas em local ventilado, a fim de evitar intoxicação. A escolha do local ideal deve ser o primeiro passo para numerar as amostras.

A seguir, escolhe-se a área da amostra a ser identificada. Essa área deve ser a menor possível, a fim de interferir minimamente na composição química e na estética do mineral. No entanto, a identificação deve ser clara e visível, a fim de que a identificação visual seja rápida e minimize a manipulação da amostra. Em superfícies vítreas ou brilhantes é indicada uma limpeza prévia do local a ser numerado com acetona ou álcool, a fim de retirar resíduos de gordura.

Sugere-se que a pessoa responsável por fazer a marcação tenha boa caligrafia e traços firmes, a fim de evitar

o desperdício de material em consertos de marcações mal sucedidas e também para poupar a amostra de mais intervenções do que o necessário. Molhar o pincel na solução de acriloide tomando o cuidado de não encharcá-lo, pois o excesso certamente pingará sobre a amostra, atrapalhando a marcação. O traço deve ser feito com calma e regularidade em uma só direção, de tamanho suficiente para caber apenas o número desejado. Para utilizar toda a solução do pincel, deve-se fazer o mesmo movimento na direção oposta. Para superfícies não porosas, essa aplicação única é suficiente. Para superfícies porosas, é necessária mais de uma aplicação. Devido à rápida evaporação da acetona, o intervalo de um minuto já é suficiente para a aplicação da segunda camada. Quando a superfície estiver consistente e suficientemente opaca, a aplicação estará concluída. Utiliza-se aqui (Figura 64A) um exemplo de aplicação do Acriloide B-72



**Figura 63.** Marcação. (A) marcação inadequada feita no mineral matiolita, o mineral tem pequenas dimensões e se encontra sobre uma matriz branca, a tinta preta com a numeração está bem evidente do que o mineral, confundindo a visão do observador; (B) detalhe da marcação da amostra da Figura 63A, o mineral matiolita é o ponto azul abaixo da marcação, que se destaca mais do que a amostra, esse tipo de procedimento deve ser evitado. Acervo: Museu de Geociências da Universidade de São Paulo.



**Figura 64.** Identificação. (A) a figura indica uma peça de cerâmica sendo identificada com utilização de acriloide B-72, a seta preta indica a marcação já concluída, enquanto que a seta amarela indica os dois tipos de vernizes utilizados, o branco para a base da marcação e o incolor para sua cobertura. Fonte: Catálogo da Archival Quality Materials for Conservation, Restoration, Preservation & Exhibition de 2010; (B) barita colada com paraloide B-72. Acervo: Museu de Geociências da Universidade de São Paulo.

em material cerâmico, cujo procedimento de marcação é muito semelhante a uma amostra geológica. A Figura 64B ilustra a junção de dois fragmentos de barita colados com o Paraloide B-72.

O tempo necessário para que se possa proceder ao registro é curto; sendo suficiente o tempo de fechamento e recolhimento do material utilizado na pintura e a preparação das canetas de marcação. Caso haja erro na marcação, um cotonete umedecido em água é suficiente para retirar a tinta da caneta. Caso seja necessária a remoção de toda a numeração, utiliza-se acetona para retirar o verniz e a tinta da caneta.

Após a marcação do número com a caneta, é necessário aplicar a última camada de verniz, que protegerá o número. O tempo de secagem da caneta é relativo, dependendo do tipo de caneta utilizada, a espessura do traço e da UR do ambiente. Após certificar-se de que a tinta secou, passar a camada de verniz transparente com o mesmo método utilizado para a camada de base.

Nos casos em que a amostra não tiver superfície disponível para ser numerada, a amostra deve ser acondicionada em um recipiente e este receber o número de catálogo.

Esporadicamente, é necessário verificar a viscosidade do acriloide, pois a acetona utilizada como solvente evapora mesmo com o recipiente vedado. Se a viscosidade estiver alta, utiliza-se um conta-gotas para colocar acetona até atingir a viscosidade apropriada. É possível também armazenar a acetona em um porta-solvente com válvula de precisão. Deve-se reservar 250 ml de acetona para esse fim.

- Butvar 76 (Polyvinyl Butyral): verniz semelhante ao acriloide e ao paraloide, porém é solúvel em álcool, substância menos tóxica do que a acetona, o que torna seu manuseio mais seguro. Assim como os outros selantes citados anteriormente, não funciona bem para materiais úmidos.

### Exposição das amostras

É durante a exibição que as amostras estão mais suscetíveis a danos, devendo, por isso, serem constantemente monitoradas e receberem conservação preventiva. Altas temperaturas, variações de UR e poluentes do ar são os maiores responsáveis por degradações nas exposições.

A seguir estão apresentadas algumas sugestões de produtos e procedimentos para conservação de amostras a serem expostas.

O Primal B-60 A é uma emulsão aquosa de base acrílica utilizada para proteção de objetos contra luz UV e calor. Quando aplicada ao objeto, forma um filme transparente, de longa duração e que não amarela, podendo assim ser utilizado em revestimentos e embalagens para minerais fotosensíveis. O pH é levemente básico, variando entre 9 e 9,5. Não é aconselhável sua utilização diretamente sobre o mineral ou rocha, pois se trata de um procedimento irreversível.

O acetato de polivinil (PVDA) é um polímero utilizado na forma de filme, com alta resistência à luz UV e calor. Por outro lado, apresenta baixa resistência à água e outros solventes polares, como etanol e ácido acético. Em um ambiente com alta UR, seus produtos de deterioração liberam ácido sulfúrico.

Pode-se medir a luz UV com um aparelho portátil, que mede a radiação emitida por certa fonte luminosa em lux ou vela, unidade não pertencente ao SI (uma vela equivale, aproximadamente, a 10 lux).

Para se eliminar a poeira existem microaspiradores de pó, em *kits* com diversos tipos de pincéis para diferentes necessidades de objetos pequenos. O *kit* consta de um adaptador que deve ser acoplado à mangueira de aspiradores comuns e nele se encaixam os bicos e pincéis adequados a cada amostra. Eficiente para limpeza de espécies delicadas, em exposição ou reserva, nos quais a trincha ou outros pinéis podem causar danos mecânicos.

### Armazenamento das amostras

As coleções geológicas, independente da tipologia, devem ser armazenadas em embalagens inertes. Estantes de aço são as mais seguras, especialmente se revestidas de tintas não solúveis em água. Madeiras em geral, especialmente carvalho, devem ser evitadas.

Para se armazenar amostras, pode ser utilizada espuma de polietileno (etafon). Trata-se de espuma de células fechadas, inerte e não abrasiva. Pode ser utilizada para preenchimento, vedação e embrulho de amostras, mas a utilização mais comum em coleções geológicas é como forro em gavetas de reserva técnica, a fim de deixar o material imóvel dentro de gavetas e armários deslizantes.

Ageless é um absorvente de oxigênio, em forma de fitas e sachês, patenteado pela Mitsubishi Gas Chemical Company, com o objetivo de criar um microclima próprio para materiais cuja deterioração é acelerada pelo ar. No caso dos minerais, os mais sensíveis são os sulfetos e metais ferrosos, uma vez que são compostos estáveis em atmosfera ausente de O<sub>2</sub>. Apesar das muitas variedades do produto, apenas o Ageless Z é indicado para conservação museológica. A fim de maximizar o funcionamento do produto, as seguintes etapas são sugeridas por Daniel (1995):

- (a) calcular o volume da embalagem em cm<sup>3</sup>;
- (b) dividir o resultado por cinco (a porcentagem de O<sub>2</sub> no ar é um quinto do volume);
- (c) dividir o resultado pela especificação milimétrica indicada na embalagem.

Por questões de segurança, devem ser utilizados de dois a três pacotes a mais do que o calculado.

Apesar do sucesso em sua utilização, é necessário atentar para o fato de que a reação de Ageless com o O<sub>2</sub> é exotérmica, por isso o produto não deve ficar em contato direto

com a amostra. Gases inertes, sobretudo o nitrogênio, são bastante utilizados na conservação de meteoritos metálicos ou lunares. No entanto, esse é um procedimento que necessita maior aporte financeiro e espaço para os procedimentos de retirada de  $O_2$  do local e inserção do gás inerte.

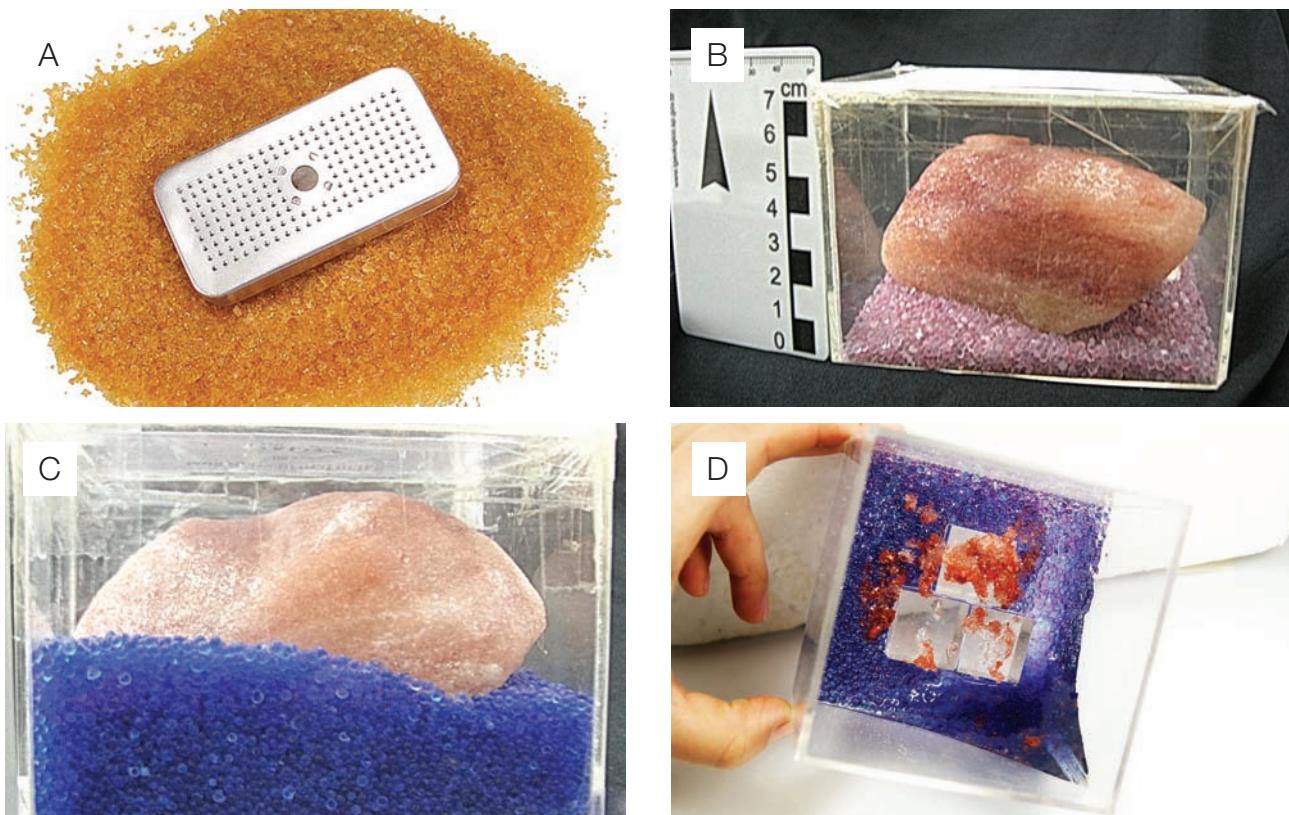
O uso de sílica gel é a maneira mais difundida e de menor custo para a retirada de umidade de pequenos recipientes. Trata-se de esferas de sílica ( $SiO_2$ ) que podem conter indicador de umidade. A sílica absorve a umidade do ar, secando o ambiente e se saturando de umidade. Quando atinge a saturação, a sílica muda de cor e deve ser retirada do ambiente e substituída. A sílica pode ser reaproveitada, sendo seca em forno de alta temperatura.

As cores mais conhecidas são a sílica azul (que se altera para rosa) e a sílica laranja (Figura 65A), que perde a coloração, tornando-se incolor. No Museu de Geociências da USP utiliza-se a sílica azul para as amostras de sais (Figuras 65B e 65C). Recomenda-se a utilização da sílica laranja, pois não possui dicloreto de cobalto em sua composição ( $CoCl_2$ , responsável pela coloração azul), considerado tóxico.

É importante atentar para a data de validade da sílica gel. Uma vez passada a validade é possível que a sílica perca sua capacidade de absorção de umidade e acumule água no ambiente de armazenamento (Figura 65D).

O desumidificador é um aparelho que atua na captura do ar úmido do ambiente por meio de uma ventoinha, que direciona o ar para uma espiral gelada no interior do aparelho. Lá dentro, o ar seco é direcionado a uma espiral aquecida, que retorna o ar à sua temperatura inicial, para que seja devolvido ao ambiente.

Tiras antimanchas protegem metais (ouro, prata, cobre, estanho) contra a oxidação, evitando o escurecimento. Devem ser colocadas junto aos minerais durante o transporte, o armazenamento ou até durante a exposição (contanto que esteja fora do alcance do visitante). Não deixam resíduos e podem ser utilizadas com embalagens de polietileno, caixas de papelão ou vidros. Evitam o manchamento do mineral, atuando no ambiente prendendo o dióxido de enxofre e o sulfeto de hidrogênio proveniente das amostras, evitando esses contaminantes no ambiente onde está o material. Cada tira dura aproximadamente seis meses em ambiente hermeticamente fechado.



**Figura 65.** Sílica gel. (A) sílica gel laranja, que não possui cobalto em sua composição, sobre a sílica está um recipiente de alumínio, próprio para seu acondicionamento, quando saturada, a sílica fica incolor. Fonte: [www.universityproducts.inc](http://www.universityproducts.inc); (B) amostra de halita acondicionada em caixa de acrílico, a sílica gel já está saturada; (C) a mesma amostra da Figura 65B acomodada em sílica não saturada; (D) amostra de carnallita deliquescente em embalagem com sílica gel com data de validade ultrapassada, além do indicador de cor não funcionar, a sílica não absorveu a umidade, acumulando água no recipiente que deveria estar seco. (B, C e D): Acervo: Museu de Geociências da Universidade de São Paulo.

O cloreto de polivinilideno (PVDC) é um material plástico produzido pela copolimerização do cloreto de vinilideno ( $C_2H_2Cl_2$ ) e do cloreto de vinila ( $C_2H_3Cl$ ). Sua propriedade mais marcante é a termoplastia, que faz o material se contrair em temperaturas menores do que 75°C e amolecer acima dos 115°C. É um material bom para ser utilizado em amostras sensíveis à UR e ao oxigênio, pois tem baixa permeabilidade ao oxigênio e vapor de água, sendo resistente a ácidos e bases. No entanto, não é resistente a solventes orgânicos e o aumento excessivo de temperatura (mais do que 115 °C) pode ocasionar a liberação de ácido clorídrico.

O estabilizador de umidade (prosorb) é um tipo de sílica gel formado por 97% de  $SiO_2$  e 3% de  $Al_2O_3$  para ser utilizado na criação de microclimas em vitrinas, gavetas ou armários. É capaz de absorver vapor de água entre os limites de 40 a 60% de UR e é confeccionado de acordo com a necessidade do ambiente. Possui capacidade de atuação mínima de dois anos, podendo chegar até cinco, dependendo da umidade local. O produto está disponível em duas versões: grânulos soltos (como as sílicas gel comuns) ou blocos de polipropileno permeável, cujo interior é formado por tecido de poliéster contendo grânulos de prosorb. Os blocos são abertos de um lado só e têm a forma plana para serem colocados em vitrinas e outros tipos de mobiliários expositivos.

Os blocos completos têm dimensões de 335 mm de largura por 44 mm de altura. Utiliza-se um bloco por  $m^3$  de ar. Os meios blocos têm dimensões de 335 mm de largura por 24 mm de altura e utiliza-se um meio bloco para cada 0,7  $m^3$  de ar.

Menores gradientes de umidade requerem maior quantidade de produto. Se a variação desejável for 3%, será necessária maior quantidade de prosorb do que uma variação de 6%, por exemplo.

Os estabilizadores de umidade possuem diferentes indicações, sendo que o prosorb é indicado para ambientes

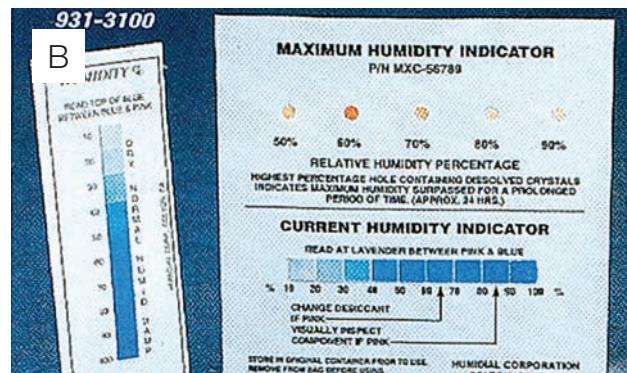
com gradiente de UR entre 40 e 60%. Outro tipo, o artsorb (Figura 66A), é indicado para ambientes mais úmidos, com UR variando entre 60 e 75%.

É importante ressaltar que vitrinas feitas de materiais higroscópicos como madeira ou MDF limitam a ação do produto, uma vez que há maior troca de umidade entre a vitrina e o ambiente externo. Mesmo se a vitrina for impermeabilizada, ainda haverá pequena troca de gases. As unidades de prosorb não devem estar diretamente em contato com zinco ou aço, pois a umidade contida nelas favorece a corrosão do material.

As tiras indicadoras de umidade são tiras de papel sensíveis à UR, com variação de cores entre azul claro, que indica ambiente seco, e azul escuro (Figura 66B), que indica ambiente úmido. Não possui a precisão de um higrômetro, no entanto é útil para monitoramento rápido e de baixo custo.

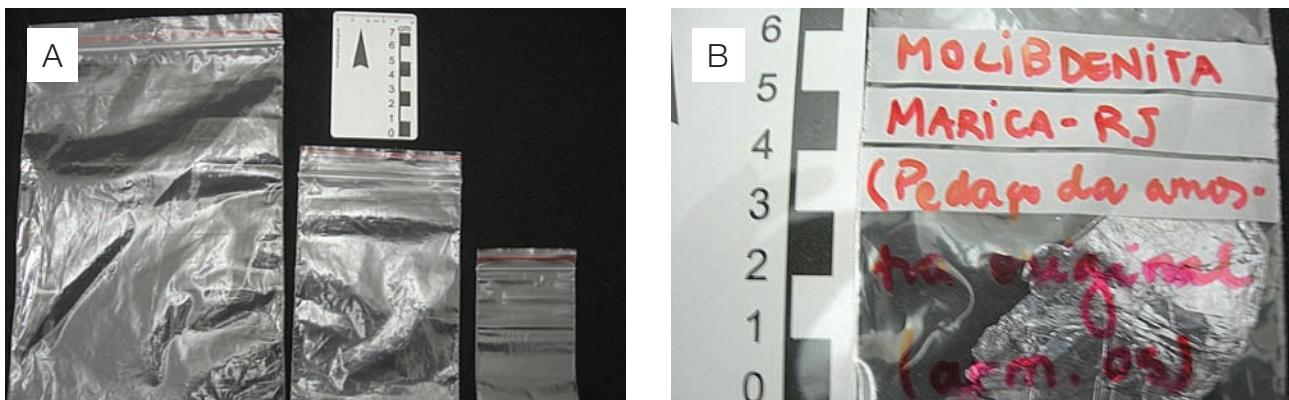
Os higrômetros são equipamentos que permitem monitorar a UR com precisão. Existem modelos analógicos e digitais, portáteis ou fixáveis em vitrinas. De acordo com os modelos, podem ou não aferir a temperatura. É um equipamento indispensável para a conservação de materiais geológicos, tanto em exposição quanto em reserva técnica.

O polietileno (sacos plásticos zip lock) é um material inerte e altamente estável, sendo resistente a soluções aquosas de sais, ácidos inorgânicos e álcalis. É, por isso, indicado para armazenar os minerais em reserva técnica. Apesar dos minerais mais sensíveis serem os asbestiformes e os de hábito fibroso, é indicado que todos os minerais sejam acondicionados nessas embalagens, com exceção dos minerais fotossensíveis, que necessitam de embalagens escuras, pois o polietileno, assim como o polipropileno, é altamente sensível à luz UV. O Museu de Geociências da USP utiliza essas embalagens, disponíveis em vários tamanhos, para acondicionamento dos espécimes (Figura 67).



Fonte: Catálogo da Archival Quality Materials for Conservation, Restoration, Preservation & Exhibition de 2010.

**Figura 66.** Bloco de sílica e indicador de umidade relativa. (A) aspecto de bloco com sílica gel utilizado em exposições; (B) exemplo de indicador de umidade relativa, a tira é colocada no ambiente desejado e a tabela indica como proceder na interpretação dos resultados.



**Figura 67.** Embalagens. (A) embalagens de polietileno utilizadas para armazenamento de minerais; (B) exemplo de utilização de embalagens de polietileno no Museu de Geociências da Universidade de São Paulo, alguns modelos permitem escrever na embalagem, facilitando a identificação da amostra.

Embalagens anticorrosão são sacos como os zip lock, porém possuem camada protetora anticorrosiva, constituída por partículas de cobre ligadas a polímeros (Figura 68). O filme protetor reage com os gases que iriam reagir com o mineral, neutralizando-os. O material que reveste a embalagem não é afetado pela umidade ou temperatura e possui indicador de saturação, tornando a cor cobre, característica da embalagem, escurecida. Ideal para armazenamento de amostras metálicas ferrosas e não ferrosas em reserva técnica.

Embalagens antioxigênio (RP System) se referem a um sistema desenvolvido pela Mitsubishi Gas Chemical Company para extração de oxigênio e água do ambiente, que combina um absorvente orgânico de oxigênio com um dessecante inorgânico. É comercializado em forma de embalagens que absorvem oxigênio, umidade e gases que provocam corrosão, prevenindo oxidação e descoloramento, ideal para preservação em longo prazo, evitando, assim, a oxidação de metais e minerais sensíveis, como muitos sulfetos. A largura de vedação recomendada é de no mínimo 10 mm para que a vedação seja eficaz. Uma vez vedada, tem início a desumidificação, que reduz a umidade a 10% em apenas alguns minutos. A seguir tem início a absorção de O<sub>2</sub>, que leva algumas horas. As embalagens são de 300, 500 ou 2.000 mL (considerando o volume total de ar a ser tratado).

Um dos pontos negativos é que o RP, diferente da sílica gel, não pode ser reutilizado, pois as reações de absorção de O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> e umidade são irreversíveis. No entanto, se não houver entrada de ar no sistema, o produto mantém sua validade. A Figura 69A ilustra a série de procedimentos para armazenamento de amostras em RP.

A amostra, representada pelo produto em amarelo, deve ser inserida na embalagem, sem nenhuma proteção. Após colocar o produto, posicionar o sachê de RP na embalagem. A próxima etapa é a vedação a quente, feita por um selador térmico (Figura 69B). Por fim, tem-se a amostra protegida



Fonte: [www.universityproducts.com/cart.php?m=product\\_list&c=75&primary=1&parentId=&navTree\[\] = 1271&navTree\[\] = 1294&navTree\[\] = 75](http://www.universityproducts.com/cart.php?m=product_list&c=75&primary=1&parentId=&navTree[] = 1271&navTree[] = 1294&navTree[] = 75)  
[http://www.universityproducts.com/cart.php?m=product\\_list&c=75&primary=1&parentId=&navTree\[\] = 1271&navTree\[\] = 1294&navTree\[\] = 75](http://www.universityproducts.com/cart.php?m=product_list&c=75&primary=1&parentId=&navTree[] = 1271&navTree[] = 1294&navTree[] = 75). Acesso em 06/12/2012.

**Figura 68.** Embalagens antioxidantes utilizadas também por outros tipos de museus que possuem amostras metálicas em seus acervos.

do ambiente externo por tempo indeterminado, até que a embalagem seja novamente aberta.

#### Reparos

Epóxis são famílias diversas de compostos termoplásticos que têm em comum a presença do grupo funcional epoxídeo. Adesivos de epóxis normalmente consistem de duas partes: uma resina e um endurecedor que, quando misturados, reagem para formar um polímero rígido (Thornton, 2005). São resinas que não necessitam de solvente e encolhem

muito pouco depois de secas, além de serem à prova de água. Ao longo do tempo, não perdem aderência, mas escurecem. Funcionam bem para colagem de metais e preenchimento de fissuras em rochas fragmentadas (especialmente mármore e granito). Os epóxis mais viscosos são utilizados para colagem, enquanto que os de baixa viscosidade são indicados para preenchimento.

O Paralóide B-72, já citado no item de identificação das amostras, também pode ser usado para colar amostras e é muito utilizado na colagem de fósseis.

Assim, epóxis e paralóide podem ser utilizados em conservação preventiva e reparos nas amostras. A ausência de bibliografia específica para as coleções geológicas obriga o profissional a recorrer a catálogos e sites de conservação geral ou, mais precisamente, conservação de coleções de história natural. Muitos dos produtos são adaptados do uso em outros tipos de coleções para as coleções geológicas. São necessárias pesquisas sistemáticas no teste de muitos dos produtos disponíveis no mercado de conservação para a descoberta dos produtos específicos para utilização em coleções geológicas.

## MUSEU DE GEOCIÊNCIAS DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

O Museu de Geociências da Universidade de São Paulo (USP) tem suas origens em 1934, por iniciativa do Professor Ettore Onorato, que doou sua coleção particular de minerais para que fossem utilizados como material de apoio em aulas práticas da disciplina de Geologia do curso de História Natural da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da USP. A coleção foi crescendo com a coleta de amostras de campo dos alunos e entre as décadas de 1940 e 1950 houve a incorporação de duas das principais coleções atuais, a coleção particular de Luiz Paixão de Araújo, adquirida pelo governo do Estado de São Paulo e a coleção de Araújo Ferraz, recebida como doação. Em 1981, o museu recebeu sua última grande doação, a Coleção

Schnyder. Atualmente, o crescimento do acervo depende de doações particulares.

O acervo do museu, entre minerais, rochas, meteoritos, gemas e espeleotemas, conta com cinco mil amostras em exposição e cerca de mil na reserva técnica.

Pretende-se aqui ilustrar alguns aspectos importantes a serem observados durante a montagem de uma exposição de coleções geológicas e também os critérios de conservação dessas coleções, em exposição e reserva técnica. Para isso será utilizada como base a exposição de minerais e rochas do Museu de Geociências da USP.

## Exposição

O museu terá seu espaço museográfico modificado. Serão apontados aqui alguns detalhes importantes que não devem ser reproduzidos em uma nova montagem de exposição. Os critérios observados foram: quantidade de amostras expostas e sua localização nas vitrinas, critérios de proporcionalidade e uniformidade, exposição de amostras de volume reduzido, padronização de informações (etiquetas e nomenclaturas), suportes e fixadores, e adequação didática (ou adequação ao público-alvo).

É importante salientar que, antes de se fazer qualquer diagnóstico de exposição, é necessário que se conheça seu público-alvo. Uma dada exposição pode ser altamente eficiente para um público de jovens, por exemplo, mas ineficaz para visitantes de terceira idade.

Deste modo, leva-se em conta que o público-alvo do museu é, em sua maioria, composto por alunos de escolas dos ensinos básico, fundamental, médio e superior. Considera-se ainda que a função dos minerais na exposição é mostrar ao visitante leigo o que são minerais, de onde vêm, por que ocorrem em tantas variações e que impacto têm na existência humana no planeta.

Aos graduandos, em especial dos cursos de Licenciatura em Geociências e Educação Ambiental e Geologia, há a necessidade de abordagem mais específica, como os diferentes hábitos de um mesmo mineral, sua variação de cores,



Fonte: Site da Mitsubishi Gas Chemical ([www.mgc.co.jp/eng/](http://www.mgc.co.jp/eng/)). Acesso em 28/11/2012.

**Figura 69.** Embalagens antioxigênio. (A) ilustração referente ao procedimento correto de utilização do RP; (B) exemplo de selador térmico portátil para vedação de vários tipos de embalagens, incluindo RP.

classificação na Escala de Mohs, classificação mineralógica, entre outros. Apesar dessa necessidade, não é imprescindível que esse conhecimento siga apresentado no *layout* atual, com etiquetas que poucos alunos leem, sem identificação visual clara e sem a utilização mínima de recursos didáticos.

A seguir estão os aspectos observados na exposição:

1. Número de amostras expostas: notou-se que a quantidade de minerais expostos é maior do que a necessidade do visitante. Tendo como base de análise a importância das informações geológicas que a amostra deve transmitir ao visitante, muitos exemplares não cumprem função alguma, pois são duplicatas. Além disso, essas amostras ociosas acabam por atrapalhar a organização da exibição, ocupando espaços que poderiam ser aproveitados com textos informativos, ou mesmo sendo deixados livres para uma melhor apreciação por parte do visitante (Figura 70). Existe um número ideal de amostras que deve estar na exposição. Esse número é variável e se baseia em alguns critérios, como diferentes hábitos que o mineral possa apresentar, variedade de cores, procedência, e se o curador julgar necessário, variedade de tamanho. A um visitante leigo em mineralogia, basta conhecer cada um dos hábitos e cores diferentes de cada mineral. Tudo o que vier adicionalmente se torna uma repetição desnecessária que não é apreendida por ele e faz com que o indivíduo se canse mais rápido, não apreciando de forma igual o início e o fim da exposição;
2. Localização das amostras nas vitrinas: muitos minerais estão mal posicionados na vitrina, escondidos atrás de outros maiores, e passam despercebidos aos olhos dos visitantes (Figuras 71A e 71B). Há também minerais muito pequenos, os quais, colocados entre outros maiores, não recebem a devida atenção (Figura 71C);
3. Uniformidade: é indicado, na medida do possível, que minerais adjacentes sejam, aproximadamente, de

mesmo tamanho. É comum na exposição do museu (Figura 71D) que amostras de tamanhos muito diferentes estejam dispostas lado a lado. Tal fato também atrapalha a apreciação do visitante, que acaba passando sem ver o mineral de menor tamanho. Além disso, a estética de uma exposição é melhor quando há padronização das medidas. A diferença de volumes traz uma sensação caótica ao ambiente;

4. Amostras com volume reduzido: foram observados no decorrer da exposição muitos minerais em pó. Alguns deles estão como representantes únicos de certas espécies minerais. No entanto, não é possível para o visitante compreendê-los. Essas amostras são expostas em recipientes fechados que por muitas vezes atrapalham a visão do observador (Figuras 72A e 72B). É necessário que estejam sob uma lente de aumento (Figura 72C) ou sejam apresentados com uma imagem ampliada ao lado (Figura 72D). Nos casos em que esses minerais não se caracterizem como representantes únicos da espécie mineral, não devem ser expostos;
5. Suportes: o suporte pode ofuscar completamente a beleza ou prejudicar consideravelmente a compreensão que se pode ter de um mineral. O suporte ideal deve ser moldado especialmente para cada exemplar (Figuras 73A e 73B). Pode ser feito em ferro, por profissional especializado, moldado na própria amostra e com acabamento de material inerte, para que a oxidação do ferro não reaja com a composição química da amostra (Figuras 73C e 73D). Se for feito dessa forma, o suporte realça a beleza do mineral e produz o efeito desejado. Muitas amostras são pequenas e estão em suportes bem maiores. Nesse caso, o destaque acaba sendo para o suporte, e não para a amostra (Figura 74A). Como muitas vezes não há recurso para esse tipo de serviço, utilizam-se suportes de acrílico padronizados. No entanto, o material deve apenas

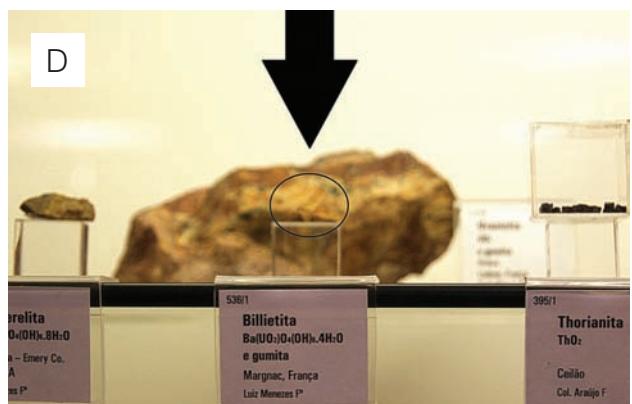


**Figura 70.** Quantidade de amostras. (A) aspecto da vitrina com várias amostras de crisoberilo, nota-se que muitas amostras estão em duplicata, pois além de ser o mesmo mineral, tem a mesma procedência; (B) vitrina dos sulfetos, destacando-se a grande quantidade de amostras de pirita.

apoiar o objeto, não ficando exposto aos olhos do visitante e jamais ganhar destaque maior do que o mineral (Figura 74B). Caso não seja possível optar por esse tipo de suporte, há outras opções em acrílico. Em alguns casos é possível fazer suportes moldados sob medida. O importante é que o material seja inerte e que fique o mínimo possível visível ao observador (Figura 74C). O suporte deve ser trocado regularmente, pois o acrílico, em longos períodos de exposição à luz, tende a ficar amarelado, conferindo à exposição um aspecto de sujeira e descuido. O mesmo ocorre com o ferro, que mesmo com cobertura antioxidante, ao contato com determinados tipos de minerais começa a oxidar após aproximadamente dez anos de uso. Vale destacar que os suportes para amostras de grande porte devem ser cuidadosamente planejados, de modo que a peça fique com peso igualmente distribuído, pois se o peso do material ficar desigual, a amostra pode sofrer danos físicos, como rachaduras,

fissuras e até desprendimento. Como exemplo, o meteorito Itapuranga, terceiro maior do Brasil, com 628 kg, está exposto no saguão do IGc sob um suporte de quatro pontos, que mantém seu peso mal distribuído. Tal fato, somado à oxidação da amostra pela alta UR, está danificando o meteorito (Figura 74D). O ideal, nesse caso, seria o apoio da amostra em um pilar de concreto, com um berço de areia ou material semelhante, para que houvesse distribuição do peso do exemplar, ou um suporte que envolvesse a amostra por completo, sem apoio preferencial de peso, como ocorre no Museu de Mineralogia da Universidade de Hamburgo (Figuras 74E e 74F);

6. Fixadores: é necessário que se esteja atento ao tipo de material utilizado para fixar amostras em suas bases. Além de observar a composição química do produto, deve-se notar o efeito estético que tal procedimento terá na exposição. Muitas amostras observadas no museu estão fixadas em bases de acrílico por massas de cor escura (Figura 75A),



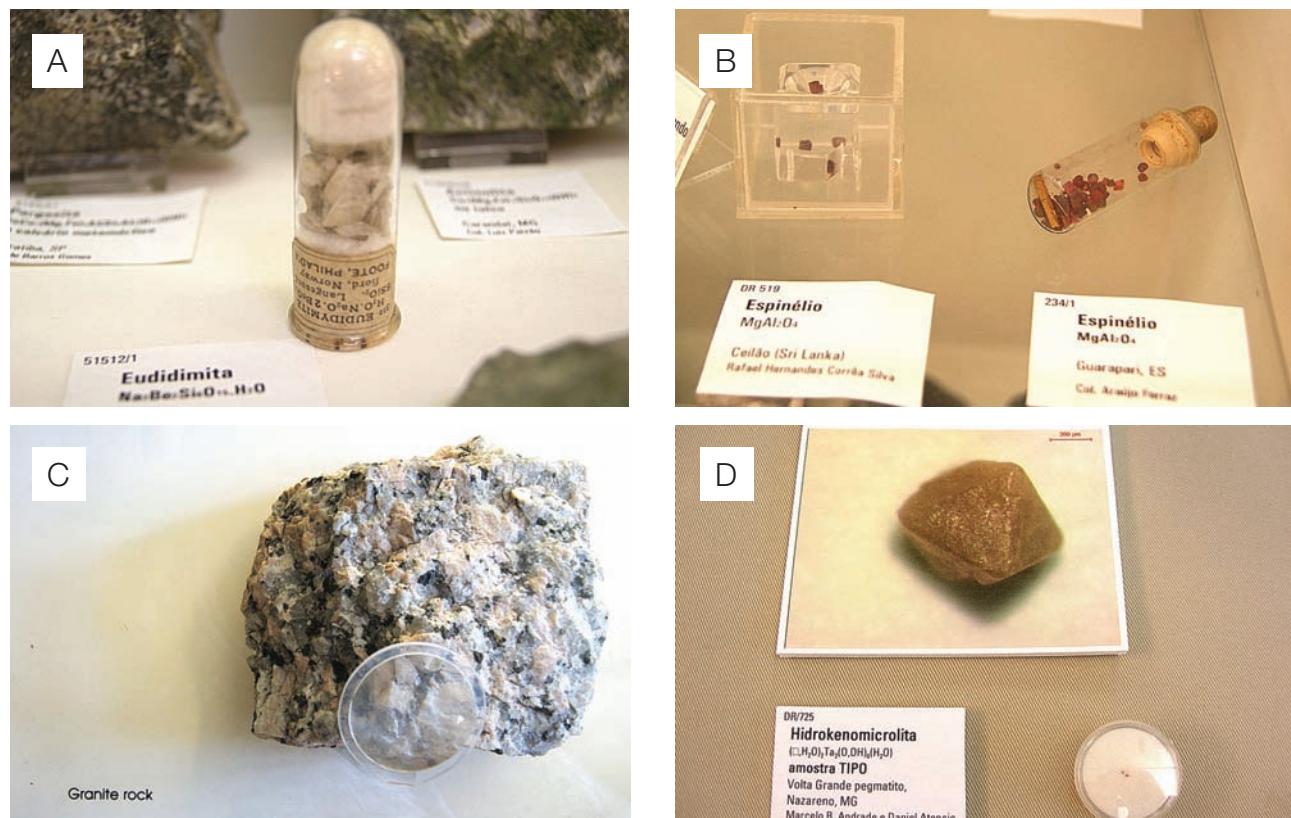
**Figura 71.** Localização e uniformidade das amostras. (A) exemplar de galena cristalizada com dolomita e calcopirita; (B) aspecto da vitrina das amostras de galena, a seta indica a amostra da Figura 71A, que está escondida atrás de outras que não chamam tanto a atenção, quase impossível observar detalhes da amostra; (C) pequena amostra de ametista posicionada entre duas outras maiores do mesmo mineral, o visitante fixa sua atenção nas maiores, sendo que a do meio está sem função na exposição. Isto não aconteceria caso a exposição tivesse um apelo definido, como, por exemplo, os diferentes tamanhos que um mesmo mineral pode assumir; (D) a pequena amostra de billietita parece invisível aos olhos do visitante, combinação inadequada entre suporte transparente e amostras do mesmo mineral com tamanhos desproporcionais.

muito visíveis ao visitante. Além disso, deve-se utilizar apenas a quantidade necessária para que a amostra se suscite. O excesso de material na base causa um efeito de poluição visual na exposição. Isso prejudica a beleza do mineral e a exposição fica com aparência de descuido;

7. Padronização de etiquetas: a etiqueta é o principal meio de comunicação entre a curadoria e o visitante. Se o público não é especializado no assunto e a visita não é guiada, o único meio de comunicação entre a intenção do curador e o visitante são as etiquetas. No caso analisado há poucas etiquetas com textos informativos, a maioria traz apenas informações básicas sobre a peça. Além disso, as etiquetas não são padronizadas quanto à fórmula química. Muitas delas não apresentam fórmula química e outras, por terem uma fórmula muito extensa, ficaram maiores do que as outras etiquetas (Figura 75B). Nesse caso, é adequado optar por uma etiqueta cujo tamanho seja definido pela maior fórmula química da coleção, ou eliminar essa informação da etiqueta. A fórmula

química também pode ser definida de forma geral para o grupo mineral (Figura 75C), eliminando a necessidade dessa informação em todos os minerais do mesmo grupo (Figura 75D). Informações em outro idioma, principalmente o inglês, são necessárias, mas é preciso observar a padronização dessas informações ao longo da exposição (Figura 76A);

8. Uniformização das nomenclaturas: em uma coleção mineralógica é comum que haja mais de um nome para a mesma amostra mineral. Muitas amostras possuem um nome científico, um nome pelo qual é conhecida no garimpo e um nome comercial. Nesse caso, é necessário que todas as amostras desse mesmo mineral sejam expostas com o mesmo nome, caso contrário, o visitante leigo pensará que se trata de minerais distintos (Figura 76B). No caso analisado, essa confusão ocorre com o amianto, que é um termo comercial e engloba seis minerais de hábito asbestiforme (crisotila, riebeckita, grunerita, antofilita, tremolita e actinolita). Apesar de amplamente difundido

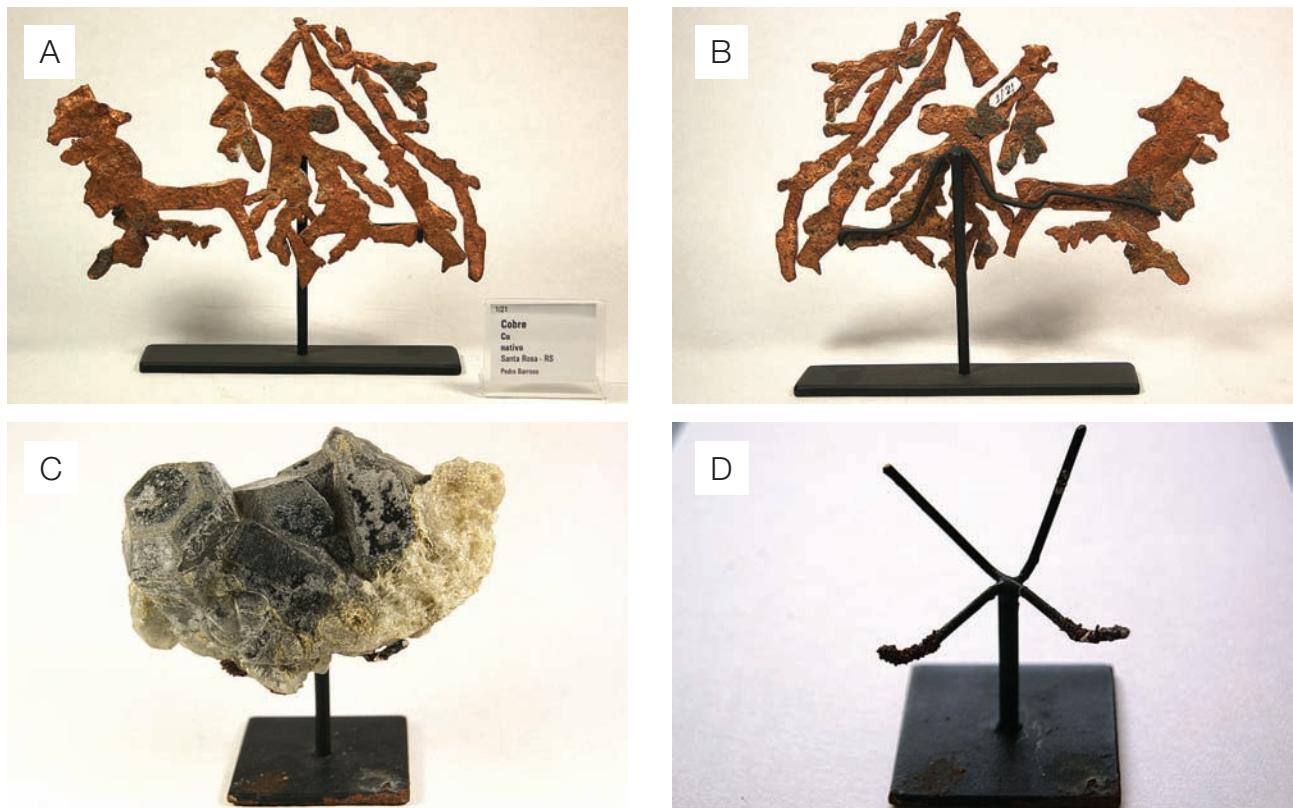


**Figura 72.** Amostras com volume reduzido. (A) amostra do mineral eudidimita em frasco de tamanho reduzido, entre um pedaço de algodão e uma legenda antiga; (B) duas amostras do mesmo tipo de espinélio dispostas lado a lado na vitrina, o tamanho diminuto das amostras não permite que o visitante tenha quaisquer informações visuais sobre o cristal de espinélio; (C) solução encontrada pelo Museu de História Natural de Londres para mostrar os cristais dos minerais formadores do granito, procedimento semelhante também poderia ser adotado para as amostras de tamanho reduzido expostas no Museu de Geociências da Universidade de São Paulo; (D) forma correta de apresentação de minerais de dimensões reduzidas, o mineral exposto é quase imperceptível, por isso há uma imagem ampliada ao lado.

o termo amianto, outro nome para asbesto, essa nomenclatura não deve mais ser utilizada por recomendação da IMA. Em um primeiro momento, o observador pode concluir que todas as formas de minerais fibrosos são asbestos, e isso não corresponde à realidade. Por isso, uma nomenclatura clara e uniforme é de grande importância na exposição;

9. Ordenação por importância: a ordem de uma exposição, qualquer que seja o assunto, deve primar por ordenar nas melhores vitrinas, ou nos acessos mais fáceis, os objetos mais importantes. O mesmo acontece com uma coleção de minerais. No Museu de Geociências da USP, muitos minerais importantes estão em posição pouco privilegiada. Um exemplo são os feldspatos, que constituem mais de 50% da crosta terrestre. Minerais dessa magnitude devem ser evidenciados na exposição, com etiquetas claras, que os valorizem, ou posicionados em vitrinas mais destacadas, ao invés de estarem no fundo do museu (Figura 76C). Outro exemplo é a coleção de minerais de Terras Raras, minerais em evidência hoje

devido à sua importância econômica. É necessário relocalizar os para um lugar de mais destaque (Figura 76D); 10. Acessibilidade: o edifício do IGc garante o acesso às pessoas com deficiência motora, pois possui rampas de acesso, elevadores e banheiros adaptados. No entanto, a exposição no museu não é acessível. Pessoas em cadeiras de rodas não têm acesso à maioria dos minerais expostos, pois se encontram expostos verticalmente. O mesmo ocorre com crianças pequenas e pessoas com baixa estatura, que não alcançam as vitrinas. Idosos e pessoas com restrições de locomoção têm dificuldade em caminhar por toda a exposição, pois não há bancos no museu. Deficientes auditivos também não podem compreender o espaço, pois não há pessoas fluentes em LIBRAS. Já para os deficientes visuais há algumas amostras com etiquetas em Braille e uma apostila também em Braille para explicação das peças, além de amostras especiais para toque. A Figura 77 ilustra diferentes exemplos de acessibilidade e sua ausência em diferentes exposições.



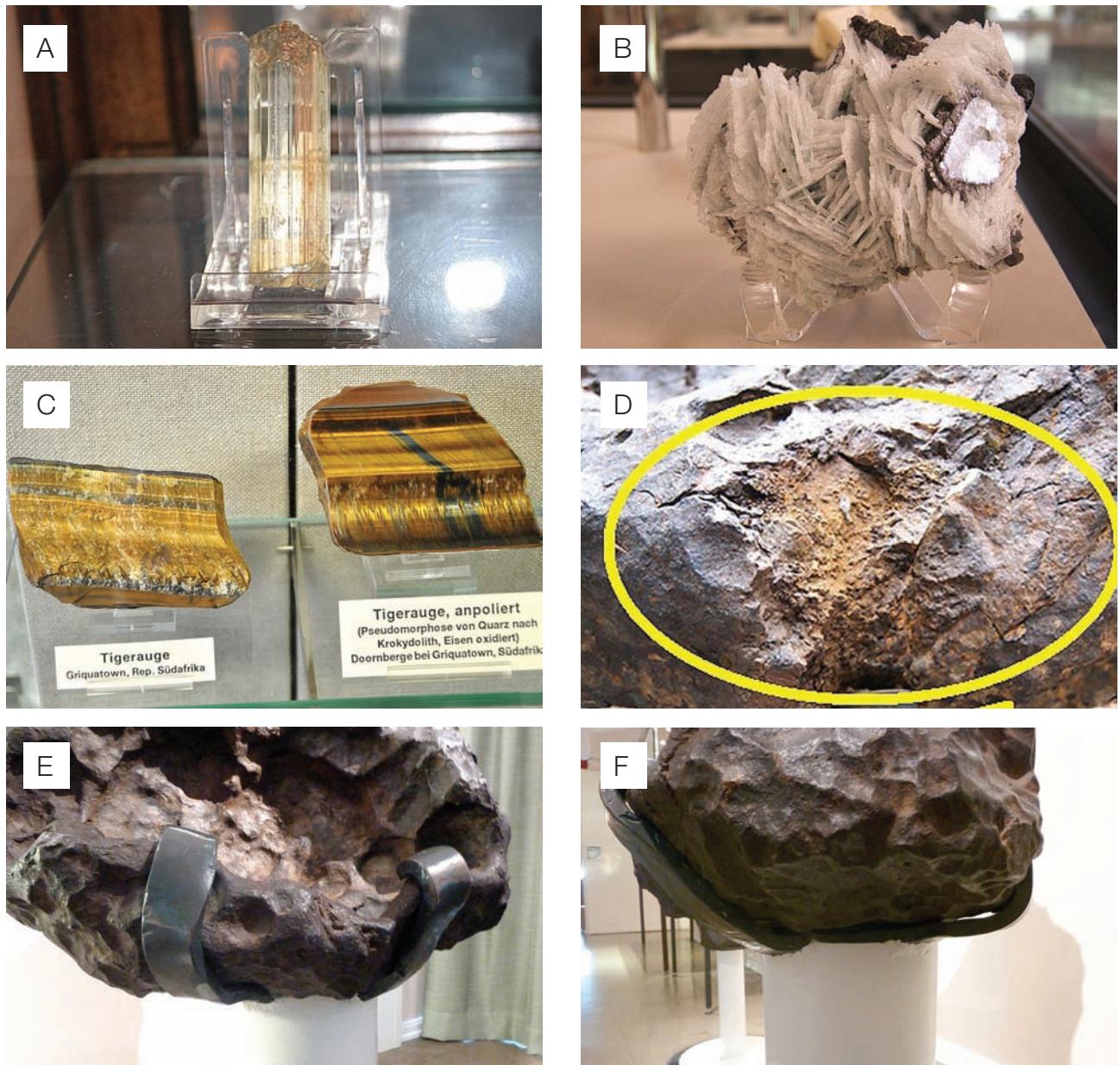
**Figura 73.** Suportes. (A) aspecto de suporte especialmente confeccionado para a amostra que está sobre ele, o que se destaca é exatamente o que se quer mostrar, a amostra de cobre nativo, o suporte não fica em evidência e não atrapalha a observação do mineral; (B) parte posterior do suporte da figura anterior, é possível ver que o artesão fez um estudo rigoroso da peça e encontrou o seu melhor ângulo de apoio; (C) aspecto de ferrugem sobre suporte de ferro, a camada protetora de zinco foi desgastada e a umidade acelerou o processo de oxidação do ferro; (D) suporte deteriorado da amostra de hanksita da Figura 73C.

## Reserva técnica

A reserva técnica do Museu de Geociências, chamada durante muito tempo de porão, está localizada no piso térreo do IGc (Figura 78A). Nesse local está armazenada a maioria das amostras do museu; mas há ainda dois outros locais para

armazenamento. Quatro mapotecas estão localizadas no Laboratório Interativo de Cristalização (LIC) do museu, e um armário de madeira guarda exemplares em uma sala contígua à sala da administração do museu.

A causa da dispersão de amostras em três locais diferentes é a falta de espaço para ampliação da reserva técnica do museu.



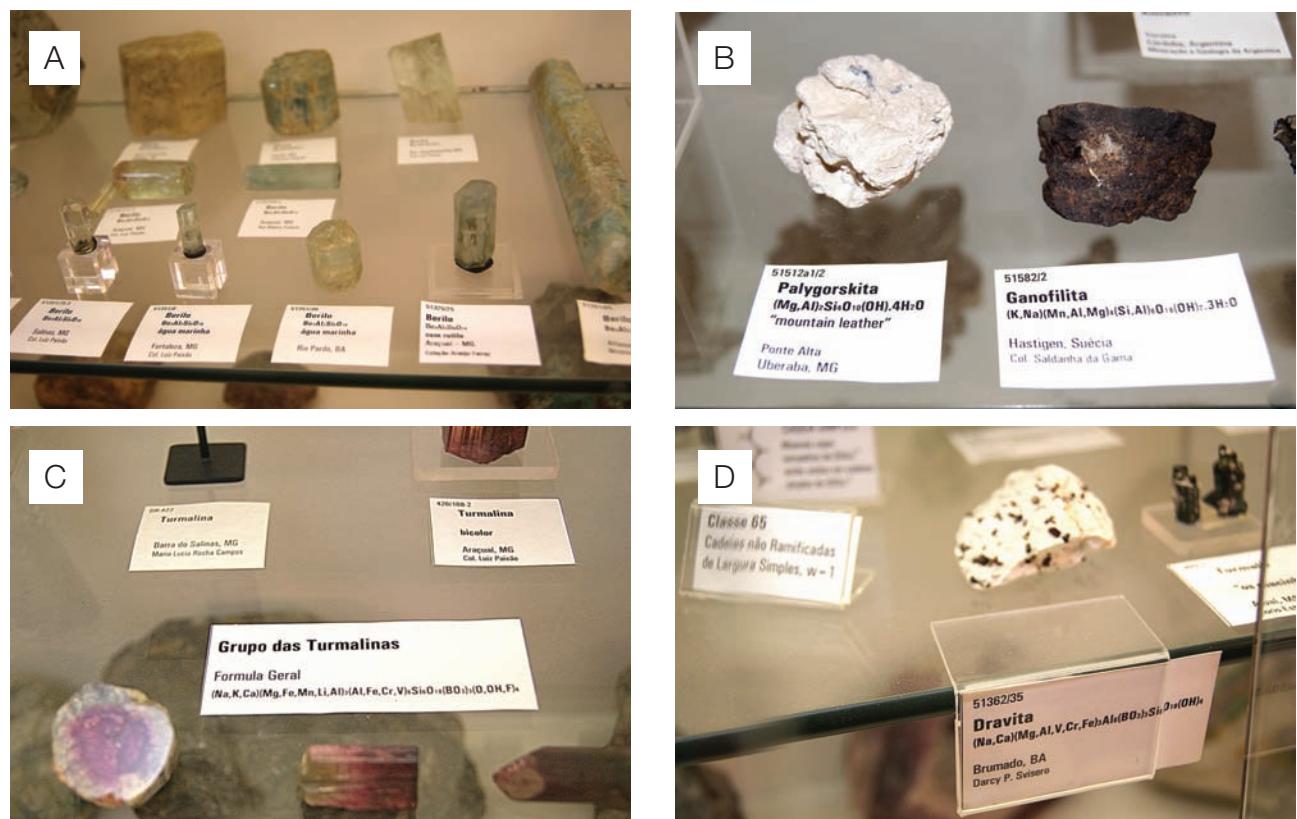
**Figura 74.** Tamanho dos suportes. (A) cristal de berilo em suporte desproporcional, além do suporte ser maior do que a amostra, ela fica mimetizada no suporte, uma vez que apresenta quase a mesma coloração que o suporte; (B) aspecto do suporte de acrílico com utilização correta para a amostra em questão; (C) amostras de olho-de-tigre em suportes de acrílico, o suporte é quase imperceptível ao observador. Acervo: Mineralogisches Museum, Universität Würzburg; (D) a distribuição irregular de peso sobre os apoios do suporte aliada à oxidação do meteorito está danificando gravemente o Itapuranga; (E) suporte de ferro adequado à amostra, visível apenas o suficiente para que a amostra esteja segura. Acervo: Mineralogisches Museum, Universität Hamburg; (F) parte posterior do meteorito da Figura 74E, o suporte está fixado onde o olhar do visitante não alcança, observa-se que o suporte envolve a amostra sem privilegiar pontos de apoio.

Na reserva técnica propriamente dita as amostras estão alocadas em quatro armários deslizantes (Figuras 78B e 78C), organizadas de acordo com a classificação química aniônica, cuja indicação se encontra na parte externa de cada armário. A parte interior não possui gavetas, apenas prateleiras sobre as quais as amostras ficam soltas (Figura 78D), podendo se deslocar durante aberturas sucessivas do armário onde estão acondicionadas (Figura 78E). A maioria das peças está protegida em embalagens de polietileno.

Na contramão das regras de conservação, a reserva técnica está localizada próxima a uma galeria subterrânea com encanamento de esgoto e tubulações diversas, em local úmido e inadequado, com presença de insetos, ratos e outros tipos de pestes, que além de afetarem o acervo podem ser nocivas à saúde dos funcionários. Há uma janela comum, sem qualquer tipo de filtros ou vedação, permitindo a entrada de luz do sol e umidade no local, e possibilitando que as amostras sejam afetadas pela variação de temperatura.

Outro grupo de amostras, que inclui a coleção Wards de rochas e a coleção Schnyder, está alocado no LIC, um espaço recente (instalado em uma sala que se encontrava sem utilização no fundo do museu) destinado à confecção de cristais de sais atóxicos para utilização didática. As quatro mapotecas estão, assim, descontextualizadas nesse espaço (Figura 78F). No laboratório há também janelas que permitem a entrada de luz solar, umidade e variações de temperatura. Apesar do espaço ser inadequado, as amostras estão bem alocadas nas gavetas, as quais estão forradas com plástico bolha para minimizar o movimento dos minerais (Figura 78G).

Por fim, o último grupo de amostras está armazenado em um armário de madeira, com sete gavetas, numa sala chamada de depósito pelos funcionários do museu. Apesar de estar em um local totalmente inadequado, pois nesse local são guardados materiais para os mais diversos fins, esse é o grupo de amostras que está mais protegido da ação dos



**Figura 75.** Fixação da amostra e etiquetas. (A) aspecto de cristais de berilo fixados em bases de acrílico com massas de cor escura, além de penetrar no mineral, a massa prejudica a estética da apresentação; (B) a padronização das informações é um aspecto importante da exposição, a diferença no tamanho das etiquetas leva a uma sensação de confusão na exposição, uma vez que interfere no espaço das amostras de maneira desigual; (C) a solução encontrada para as amostras de turmalina é adequada, fórmula química geral para o grupo, em etiqueta separada, e as etiquetas de amostras permanecem em tamanho padrão; (D) apesar de haver uma etiqueta com a fórmula geral das turmalinas, a amostra de dravita traz uma etiqueta diferente em relação às outras, com fórmula química em detrimento das adjacentes e ainda com suporte que as outras não têm, faltou uniformidade na informação, no layout e na exposição.

fatores de degradação, pois o armário está ao abrigo da luz natural, umidade excessiva (apesar de as condições de UR não serem ideais) e variações bruscas de temperatura.

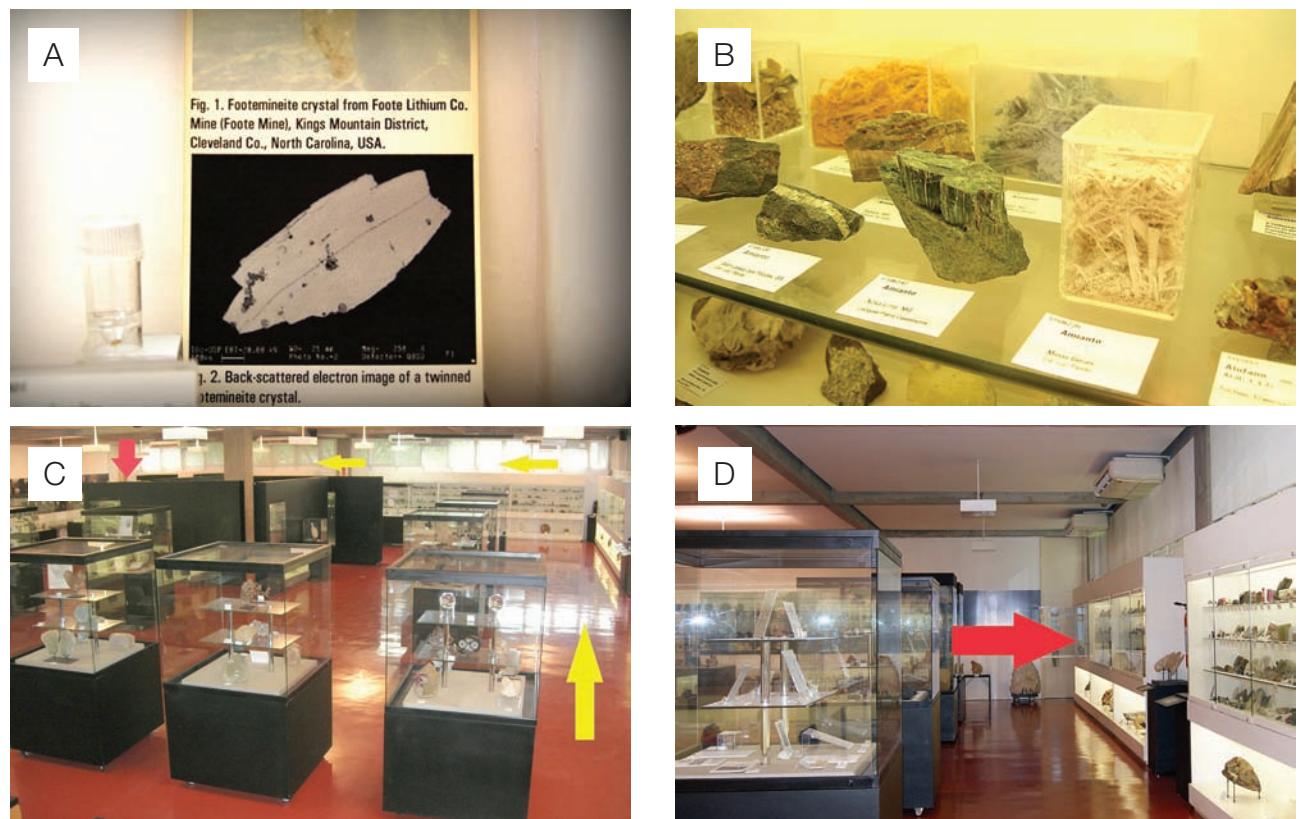
É de extrema importância para a conservação do acervo que as amostras fiquem centralizadas em um único espaço destinado à reserva técnica. Tal procedimento possibilita um controle mais acirrado do acervo, possibilitando que as amostras, depois de serem manuseadas, sejam recolocadas em seu local de origem, evitando erros no armazenamento. Outra questão envolve o tempo destinado a ações de limpeza e inventário. É muito mais produtivo um funcionário trabalhar em um só lugar do que transitar em três ambientes distintos para fazer um inventário.

O investimento em equipamentos de conservação, como ar condicionado, desumidificadores, filtros UV, entre outros, é único, caso haja somente um espaço.

## Diagnóstico

Após a observação atenta da exposição, tendo como base de análise o público a que a exposição do Museu de Geociências da USP se destina, conclui-se, em primeiro lugar, que é mister a implementação de uma Política de Gerenciamento de Coleções para que seja definido qual é o público-alvo do museu: o público clássico, formado por alunos de graduação em Geologia e geólogos; o público que constitui maior número, alunos do ensino regular, ou ambos, se for essa a opção da curadoria.

A exibição é considerada inadequada a um público essencialmente escolar, que necessita de informações mais didáticas e objetivas, o que não ocorre na exposição. Sem o trabalho de mediação desenvolvido no museu, é praticamente impossível que um aluno se guie sozinho e sane as



**Figura 76.** Identificação nas etiquetas e localização. (A) informações em inglês são necessárias, no entanto, faltou padronização, ou todas as informações são bilíngues ou se retira a informação em língua estrangeira. Além disso, nessa amostra, a informação está sendo fornecida exclusivamente em idioma estrangeiro; (B) a exposição conserva ainda a terminação errônea amianto para os minerais asbestiformes. Além disso, há três diferentes nomenclaturas na exposição: amianto, asbesto e o nome do próprio mineral (crisotila, por exemplo); (C) os feldspatos e minerais de Terras Raras ocupam a penúltima e a última vitrina, respectivamente. Muitos dos visitantes já estão cansados e desestimulados ao chegarem ao fim da exposição e saem do museu sem ao menos saber o que é um feldspato. As setas amarelas indicam o caminho que o visitante deve percorrer até alcançar os feldspatos e minerais de Terras Raras, indicados com a seta vermelha; (D) localização dos feldspatos e minerais de Terras Raras. Além de escondidos na exposição, disputam espaço com as cavernas, que chamam mais a atenção dos visitantes.

próprias dúvidas, apoiado apenas nas informações de etiquetas e placas. A exposição não possui qualquer indicativo de começo, meio e fim, não há sugestão de roteiro e não há guia que auxilie o visitante. Ademais, a quantidade repetitiva de minerais desestimula o visitante leigo e o faz perder o interesse já no meio da visita. Não há atividades

lúdicas para crianças não alfabetizadas, apesar delas serem presença constante no museu.

A exposição é considerada adequada apenas aos alunos de graduação do curso de Geologia, que têm Mineralogia na grade curricular e compreendem a organização do espaço. Mineralogistas profissionais, que conhecem a classificação



**Figura 77.** Acesso. (A) pessoas com alta estatura também têm dificuldade em apreciar a exposição. Qualquer fator que proporcione o desconforto dos visitantes é considerado falta de acessibilidade; (B) pessoas com baixa estatura não conseguem alcançar todos os níveis das vitrinas. Fotografia: Veridiana Vianna; (C) exposição acessível para crianças no National Museum of Natural History; (D) exposição de meteoritos do National Museum of Natural History. Informações principais estão localizadas na parte inferior das vitrinas para garantir o acesso à informação; (E) outro exemplo de exposição com acesso para crianças e pessoas com baixa estatura; (F) área de descanso. (E e F): Museu Nacional, Universidade Federal do Rio de Janeiro.

sistemática dos minerais, também têm boa compreensão da exposição. Deve-se levar em conta que o instituto possui um curso de Licenciatura em Geociências e Educação Ambiental,

e a exposição deveria, por isso, agregar mais assuntos relativos às Geociências, como vulcões, ciclo das rochas, tectonismo e impactos da dinâmica terrestre no meio ambiente.



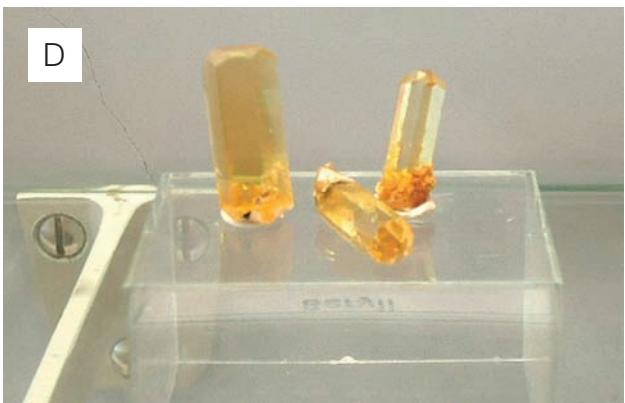
**Figura 78.** Reserva técnica e armazenamento de amostras. (A) vista do saguão onde está localizada a porta de acesso à reserva técnica, assinalada com a seta amarela; (B) reserva técnica do Museu de Geociências da Universidade de São Paulo. À esquerda, percebe-se a janela, que permite a entrada de iluminação natural e troca de temperatura e umidade relativa com o ambiente externo; (C) vista de dois armários deslizantes abertos, a seta vermelha indica as prateleiras sobre as quais estão os minerais soltos; (D) armários deslizantes na reserva técnica, os círculos amarelos indicam as etiquetas com a discriminação geral do que há em cada armário; (E) exemplo de amostras vulneráveis à queda e consequente perda do exemplar em caso de abertura constante do armário; (F) as quatro mapotecas localizadas no Laboratório Interativo de Cristalização. O acervo está bem acomodado no interior das gavetas, mas o espaço está descontextualizado; (G) gavetas da mapoteca são forradas com plástico bolha, a fim de evitar o deslocamento do material em seu interior, e as amostras também são envoltas por esse material.

Como solução em curto prazo, a fim de melhorar a qualidade da visita, sugerem-se procedimentos em todos os campos citados:

1. Diminuição do número de amostras nas vitrinas: o ideal seria a confecção de novos armários, com gavetas abaixo das vitrinas. As amostras expostas seriam apenas as que conservassem as funções expositivas descritas no texto. As demais amostras, selecionadas por uma equipe de curador e mineralogistas, estariam dispostas nas gavetas, disponíveis para o visitante cadeirante e os demais que se interessarem em abri-las. Há também a possibilidade de recolhimento de algumas amostras consideradas excedentes (Figura 79A) para a reserva técnica (é por isso que se fazem necessários, também, investimentos nessa área). O Museu Mineralógico (Universidade de Hamburgo) é um bom exemplo para a reorganização de amostras, pois se trata de um museu universitário, com pequeno orçamento e apenas um funcionário, situação semelhante ao Museu de Geociências da USP. As vitrinas são forradas com feltro colorido, material de baixo custo, fácil manuseio e manutenção (aspiradores de pó

são suficientes) e há em média vinte exemplares por vitrina, colocados em patamares distintos, preenchendo de forma mais homogênea o espaço das vitrinas e dando ao visitante uma melhor visualização (Figura 79B);

2. Realocação das amostras: com um número reduzido de minerais nas vitrinas, seria possível realocar as amostras de maneira que nenhuma fique em desvantagem com relação ao observador. As amostras poderiam ser posicionadas de modo que não haja minerais no fundo na vitrina, com apenas uma sequência de minerais. Tal procedimento resolveria também o problema da falta de uniformidade de tamanho. Amostras de volumes semelhantes poderiam ser colocadas próximas umas da outras (Figura 79C);
3. Reposição de suportes: ao rever a exposição, é possível atentar para os suportes que devem ser trocados, ou por estarem velhos, ou por não condizerem com o tamanho da amostra. Pode-se aproveitar a oportunidade para mudar os fixadores das amostras pequenas, substituindo-os por materiais mais novos e menos visíveis ao visitante (Figura 79D). Com isso, amenizam-se os



**Figura 79.** Visibilidade da amostra. (A) a vitrina com muitos exemplares faz com que o visitante desvie sua atenção e perca o interesse; (B) o Mineralogisches Museum, Universität Hamburg, coloca em média 20 exemplares por vitrina; (C) vitrina de minerais do museu Terra Mineralia, poucos minerais na mesma vitrina e todos do mesmo tamanho, dessa forma nenhum mineral tem maior destaque; (D) exemplo de resina fixadora transparente que não afeta a visibilidade da amostra. Acervo: Mineralogisches Sammlungen, Technische Universität Berlin.

- problemas de desproporcionalidade dos suportes com as amostras e dos fixadores;
- Padronização das etiquetas: as etiquetas deveriam ser trocadas observando o espaço necessário para a maior fórmula química. Esse espaço definiria as dimensões que devem ter as demais etiquetas da exposição. Uma vez que as etiquetas são substituídas, padronizam-se os nomes dos minerais, a fim de não confundir o visitante;
  - Rearranjo de vitrinas: seguindo esses procedimentos, é possível ter uma exposição mais clara e objetiva, proporcionando ao visitante o melhor aproveitamento de seu tempo e uma melhor elaboração do conteúdo aprendido na visita. Uma maneira de chamar a atenção do público leigo, sem interferir na organização sistemática, é seguir a orientação do Mineralogisches Sammlungen (Technische Universität Berlin), mantendo a exposição sistemática ao redor do museu, colocando nas vitrinas móveis no centro do espaço as exposições mais didáticas. Um exemplo foi a vitrina com minerais coloridos (Figura 80), que foram expostos durante quatro meses, a fim de chamar a atenção para a cor, uma das principais características de um mineral.

Em médio e longo prazo, faz-se necessária uma total reformulação do espaço. O museu, intitulado “de Geociências” é, na verdade, um espaço predominantemente mineralógico. Faz-se necessário adequar seu acervo e sua exposição ao atual nome da instituição. O IGc possui atualmente um acervo médio de 30 mil exemplares de fósseis (entre animais e vegetais), pertencente à Coleção Científica de Paleontologia, que poderia ser exposto parcialmente. Para tanto, seria necessário uma readequação do espaço museológico a fim de acomodar a paleontologia e outras temáticas geológicas, como vulcanismo, tectônica de placas, hidrogeologia, ciclo das rochas, entre outras.

É interessante também adequar o museu ao novo perfil de público do século XXI, mais dinâmico e interativo. O museu carece de instalações multimídias que tornem o espaço ao mesmo tempo atraente e funcional. Totens informativos, vídeos, estruturas em três dimensões e *code readers* são algumas ideias a serem consideradas. Geociências é um processo, faz-se e refaz-se a cada dia. O museu pode e deve acompanhar esse movimento.

O Museu de Geociências do IGc necessita de um novo espaço para reserva técnica, ou ampliação do espaço atual, além de melhora no ambiente. A instalação de desumidificadores no espaço atual está sendo providenciada, bem como vedação na janela para bloquear a entrada de umidade e colocação de filmes com filtros UV.

Uma reserva técnica ideal para esse caso inclui espaço suficiente para unificação de todo o acervo de reserva;

instalação de mais armários deslizantes com gavetas; colocação de gavetas nos armários já existentes; espaço para uma bancada de trabalho dentro da sala de reserva, como ocorre no Coleção Mineralógica do Estado de Munique e em uma das reservas técnicas de meteoritos do Museu Nacional de História Natural do Instituto Smithsonian (Figura 81A), a fim de que os funcionários possam trabalhar e atender aos pesquisadores no mesmo espaço, evitando maiores deslocamentos de material. Apesar dos visitantes causarem impacto de temperatura e umidade no ambiente de reserva, onde esses fatores deveriam permanecer inalterados, ainda é melhor que o pesquisador utilize o ambiente de reserva ao invés da amostra ser deslocada para outro local.

A instalação de um espaço próprio para a pesquisa faz parte do cotidiano de um museu e não deve ser ignorado. Firmar o museu como um espaço acadêmico também passa por oferecer boas condições de trabalho ao funcionário e boa condição de pesquisa para o público acadêmico (Figura 81B).



**Figura 80.** Vitrina organizada para uma exposição temporária no museu do Instituto de Geociências de modo a destacar a variação de cor nos minerais.



**Figura 81.** Locais de pesquisa. (A) reserva técnica de meteoritos do National Museum of Natural History, a seta amarela indica as cabines climatizadas com meteoritos metálicos de pequenas dimensões, a seta vermelha indica armários para amostras maiores, no centro está a bancada para pesquisadores. Fotografia: Cristina Castilho; (B) sem um espaço destinado à pesquisa, o acervo fica vulnerável. Atualmente, a pesquisa com o acervo é realizada sempre às segundas-feiras, dia em que o museu é fechado ao público, para que se possa trabalhar em segurança. A fotografia ilustra a situação de vulnerabilidade do acervo, bem como o desconforto do pesquisador, que trabalha em espaço improvisado.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Coleções geológicas são compostas por minerais, rochas, fósseis, meteoritos, espeleotemas, lâminas petrográficas e gemas. No entanto, este estudo se aprofundou no tratamento de minerais, por serem esses os materiais que constituem a maior parte do acervo do Museu de Geociências da USP, objeto deste trabalho.

Este estudo teve como objetivo informar e discutir aspectos das principais dificuldades enfrentadas por profissionais que atuam em coleções geológicas, com base na observação de problemas encontrados no cotidiano do Museu de Geociências da USP, e sua comparação com outros museus do segmento, por critérios de *status jurídico*, dimensão espacial e de acervo e grau de notoriedade da coleção.

Encontram-se, atualmente, na área da museologia geológica, dois grupos distintos de profissionais. O primeiro e mais comum é composto pelos profissionais que atuam em museus de geociências e lidam diretamente com as amostras, mas não possuem formação na área, e desconhecem, por isso, muitos dos processos químicos que causam a perda de suas coleções. O segundo grupo é formado por geólogos ou geocientistas que têm o conhecimento teórico, ausente no primeiro grupo, mas não possuem conhecimentos museológicos e, muitas vezes, não reconhecem a museologia como ciência. Atuar em acervos geológicos requer conhecimento em ambas as áreas, geociências e museologia.

Desta forma, pretende-se que este trabalho seja um guia técnico para os profissionais de acervos geológicos que não sejam geólogos. Por outro lado, pretendeu-se mostrar aos geólogos e outros profissionais com conhecimento geológico um pouco da vastidão do campo museológico.

Os museus aqui selecionados foram escolhidos devido a três fatores: por serem museus de grande porte e possuírem recursos para cuidar de suas coleções da forma ideal; por serem museus de universidades, tendo assim semelhanças jurídicas e administrativas com o Museu de Geociências da USP; e, por fim, pelo conteúdo de seu acervo.

Foram apresentados os problemas que afetam as coleções geológicas — decaimento de sulfetos, mudança de cores em minerais pela ação da luz, deliquescência de amostras, minerais radioativos, minerais tóxicos e asbestiformes e oxidação de meteoritos — e de suas causas — inadequação da taxa de umidade relativa do ar, variações de temperatura e iluminação do ambiente. Além disso, foram apresentados materiais de conservação utilizados atualmente em coleções de história natural, nem todos específicos para geologia, mas que podem ser adaptados às coleções geológicas.

O Museu de Geociências da USP é apresentado em detalhe, evidenciando suas falhas na exposição e conservação de amostras, diagnosticando assim seus principais problemas. Utilizando os museus parâmetros foram apontadas sugestões de solução para melhoria da exposição e reserva técnica, garantindo, dessa forma, a longevidade do acervo para que continue colaborando com a formação cultural das gerações atuais e futuras.

Observou-se com as visitas técnicas a outros museus que abrigam coleções geológicas que, de modo geral, esses têm o mesmo problema de falta de funcionários para cuidarem de áreas tão distintas como exposição, reserva técnica, conservação de espécimes e administração.

Um dos principais problemas detectados no Museu de Geociências da USP é a ausência de uma política de coleções que estabeleça diretrizes básicas para o funcionamento do museu. Além de procedimentos específicos do cotidiano

da instituição, a política de coleções estabelece a missão da instituição, fator *sine qua non* para o gerenciamento consciente da instituição. A missão estabelece, entre outros pontos, o público-alvo do museu. A definição desse público irá definir também o tipo de exposição adotada, o espaço a ser destinado, o discurso utilizado, entre outros pontos. É necessário que as autoridades competentes (técnicos e conselho do museu) estabeleçam a Política Gestão de Coleções, documento oficial da instituição, devendo estar prevista no Plano Museológico, que orienta seu funcionamento e que já está em curso.

A qualificação de funcionários é outro problema para a maioria dos museus de geociências no Brasil. Os funcionários são, em sua maioria, docentes que acabam cuidando da coleção por acaso (e não têm a visão museológica) ou funcionários de nível médio, cuja especialização não é geológica e nem tampouco museológica. O Instituto de Geociências da USP investe na formação de seus funcionários e este trabalho é fruto disso.

No entanto, esta pesquisa demonstra que, por ora, de tudo o que falta, é possível fazer muita coisa com o que se tem. O museu se encontra em um momento propício ao crescimento, no qual a comunidade acadêmica está abrindo os olhos para a importância da preservação de patrimônios. Um projeto de reformulação do espaço museográfico está em curso e a médio prazo o museu será completamente modificado.

O museu é um dos cartões de visita do IGc, recebendo visitantes de vários países, interessados em conhecer o patrimônio geológico que aqui se preserva. A Universidade de São Paulo, instituição que abriga o Museu de Geociências, é uma das universidades mais conceituadas da América Latina; o museu, referência nacional. Esperamos que um dia possa se tornar referência internacional, e no mínimo, que seja referência na conservação de materiais geológicos.

Não se espera com este trabalho que essas e outras questões aqui colocadas sejam respondidas prontamente. Espera-se que aqui se encontre um pouco do embasamento teórico necessário para uma discussão mais completa sobre o tema, e que ele permaneça na ordem do dia da academia.

## REFERÊNCIAS

- Balerdi, I. D. (2008). *La memoria fragmentada: el museo y sus paradojas*. Gijón: Trea.
- Bevan, A. W. R. (1992). Meteorites. In: F. M. Howie, *The care and conservation of geological material: minerals, rocks, meteorites and lunar finds* (85-101). Oxford: Butterworth-Heinemann.
- Brasil. Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN). Posição Regulatória 3.01/010:2011. Níveis de dose para notificação à CNEM. Brasília: Diário Oficial da União; 2011. Disponível em: [http://www.cnen.gov.br/seguranca/normas/pdf/pr301\\_10.pdf](http://www.cnen.gov.br/seguranca/normas/pdf/pr301_10.pdf). Acesso em: 10 de maio de 2011.
- Brunton, C. H. C., Besterman, T. P., Cooper, J. A. (1985). *Guidelines for the curation of geological materials*. London: Geological Society.
- Buttler, C. J. (1994). Environmental effects on geological material: pyrite decay. In: R. E. Chield, *Conservation of geological collections* (4-8). London: Archetype Publications Ltd.
- Cardoso, E. M. (s/d). *Apostila educativa. Radioatividade*. Rio de Janeiro: Comissão Nacional de Energia Nuclear. Disponível em: <<http://www.cnen.gov.br/ensino/apostilas/radio.pdf>>. Acesso em: 02 de dezembro de 2013.
- Cerávolo, S. M. (2004). Delineamentos para uma teoria da museologia. *Anais do Museu Paulista*, 12, 237-268.
- Chield, R. E. (1994). *Conservation of geological collections*. London: Archetype Publications Ltd.
- Cornejo, C., Bartorelli, A. (2010). *Minerais e pedras preciosas do Brasil*. São Paulo: Solaris Edições Culturais.
- Dana, J. D., Dana, E. S. (1997). *Dana's new mineralogy. The system of mineralogy of James D. Dana and Eduard S. Dana*. New York: J. Wiley and Sons.
- Daniel, V. (1995). Storage in low-oxygen environments. In: C. Rose, C. Hawks, H. H. Genoways, *Storage of natural history collections: a preventive conservation approach*. Iowa University: Society for the Preservation of Natural History Collections.
- Desvallées, A., Mairesse, F. (2010). *Key concepts of museology*. Paris: Armand Colin.
- Dollery, D. (1994). Damage to shale. In: R. E. Chield, *Conservation of geological collections* (14-17). London: Archetype Publications Ltd.
- Fernández, L. A. (1999). Memoria, interpretación y relato. In: L. A. Fernández, *Museología y museografía* (41-72). Barcelona: Ediciones de Serbal S.A.
- Figueiredo, B. R. (2006). Arsênio no Brasil e exposição humana. In: C. R. Silva, B. R. Figueiredo, E. M. De Capitani, F. G. Cunha. *Geologia médica no Brasil: efeito dos materiais e fatores geológicos na saúde humana, animal e meio ambiente* (64-70). Rio de Janeiro: CPRM.

- Figueirôa, S. F. de M. (org.) (2000). *Um olhar sobre o passado. História das ciências na América Latina*. Campinas: Editora da Unicamp.
- Gomes, M. F. D. L. (2010). Museus mineralógicos: armazéns de minerais ou parceiros do ensino? Três Perspectivas. *Actas do I Seminário de Investigação Museológica dos países de língua portuguesa e espanhola*, v. 1, 248-258. Porto: Universidade do Porto.
- Hasquin, H. (2009). For the progress of human knowledge: show the arts and science in the century of enlightenment. *XXXII Annual Icofom Symposium*, 2-4. Liège: Icofom.
- Hernandez, F. (2012). Texto de aula *online* do curso Diploma em Museologia e Museografia ministrado pela professora Francisca da Universidad Complutense de Madrid de janeiro a julho de 2012.
- Horák, J. M. (1994). Light induced color changes in minerals. In: R. E. Chield, *Conservation of geological collections* (23-30). London: Archetype Publications Ltd.
- Howie, F. M. (1992). *The care and conservation of geological material: minerals, rocks, meteorites and lunar finds*. Oxford: Butterworth-Heinemann.
- Instituto Brasileiro de Museus (Ibram) (2011). *Guia dos museus brasileiros*. Brasília: Ibram.
- International Council of Museum (ICOM). (2007) Statuts du Conseil International des Musées. *Adoptés par la 22<sup>e</sup> Assemblée Générale tenue à Vienne, 3,1,3, Autriche*.
- Klein, C., Dutrow, B. (2012). *Manual de ciência dos minerais*. Rualdo Menegat (trad.). Porto Alegre: Bookman.
- Lambert, M. (1994). Hazardous specimens and their control. In: R. E. Chield, *Conservation of geological collections* (42-49). London: Archetype Publications Ltd.
- Leite, J. R. C. (2009). *Contributo do Museu Nacional de História Natural para a divulgação do patrimônio geológico: caracterização do público do Departamento de Mineralogia e Geologia*. Dissertação (Mestrado). Portugal: Universidade do Minho.
- Lopes Jr., I., Figueiredo, B. R., Enzweiler, J., Vendemiatto, M. A. (2006). Chumbo e arsênio nos sedimentos do Rio Ribeira de Iguape, SP/PR. In: C. R. Silva, B. R. Figueiredo, E. M. De Capitani, F. G. Cunha, *Geologia médica no Brasil: efeito dos materiais e fatores geológicos na saúde humana, animal e meio ambiente* (88-98). Rio de Janeiro: CPRM.
- Lopes, M. M. (1997). *O Brasil descobre a pesquisa científica. Os museus e as Ciências Naturais do século XIX*. São Paulo: Hucitec.
- Martinez, I. G. (2006). *Dos Museologías. Las tradiciones anglosajona y mediterránea: diferencias y contactos*. Gijón: Trea.
- Mindat (2014). Disponível em: <<http://www.mindat.org>>. Acesso em: 13 de março de 2014.
- Munyer, M. J. (1997). *How to...mark objects in museum collections. Part 1: barrier coats, pens, inks, paints*. Illinois: Association of Museums.
- Museu Nacional, Universidade Federal do Rio de Janeiro (2013). O museu: visão geral. Disponível em: <<http://www.museunacional.ufrj.br/o-museu/visao-geral>>. Acesso em: 13 de abril de 2013.
- Museums & Galleries Comission (2001). Maria Luiza Pacheco Fernandes (trad.). *Planejamento de Exposições*. In: *Museologia, Roteiros Práticos*. Série Museologia, 2. São Paulo: Edusp, Vitae.
- Nassau, K. (1978). The origin of colors in minerals. *American Mineralogist*, 63, 219-229.
- Nassau, K. (1992). Conserving light sensitive minerals and gems. In: F. M. Howie, *The care and conservation of geological material: minerals, rocks, meteorites and lunar finds* (11-24). Oxford: Butterworth-Heinemann.
- Nassau, K. (2001). *The physics and chemistry of color: the fifteen causes of color*. New York: Wiley Interscience Publication.
- Nectoux, D., Le Cléac'h, J. M. (2013). Curiosités minérales. Paris: Omnsience/Mines ParisTech Musée.
- Parsons, A. L. (1922). The preservation of minerals specimens. *American Mineralogist*, 7, 59-63.
- Parsons, A. L. (1926). Additional data concerning the preservation of minerals. *American Mineralogist*, 11, 79-82.
- Petrov, A. (2006). *A scientific study of the absorption of evil by vivianite*. Disponível em: <<http://www.mindat.org>>. Acesso em: 10 de agosto de 2012.
- Post, J. E. (1997). *The national gem collection*. Smithsonian Institution. New York: Harry N. Abbrams Incorporated.

- Price, M. (1992). The stability of minerals. In: F. M. Howie, *The care and conservation of geological material: minerals, rocks, meteorites and lunar finds* (1-10). Oxford: Butterworth-Heinemann.
- Scarpelli, W. (2006). Amianto, o que é importante considerar. In: C. R. Silva, B. R. Figueiredo, E. M. de Capitani, F. G. Cunha, *Geologia médica no Brasil: efeito dos materiais e fatores geológicos na saúde humana, animal e meio ambiente* (157-160). Rio de Janeiro: CPRM.
- Schubnel, H. J. (1987). *Cristaux géants minéraux précieux*. Paris: Museum National d'Histoire Naturelle.
- Strunz, H., Nickel, E. H. (2001). *Strunz mineralogical tables. Chemical structural mineral classification system*. Stuttgart: Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung (Nägele u. Obermiller).
- Sullivan, B., Cumberland, D. R. (1993). Use of Acryloid B-72 lacquer for labeling museums objects. *Conserve O Gram*, 1/4. Washington: Government Printing Office.
- Teixeira, W., Fairchild, T., Toledo, M. C. M, Taioli, F. (org.) (2009). *Decifrando a Terra*. São Paulo: Companhia Editora Nacional.
- Thalheim, K., Schlueter, J. (2012). *Anais do 7<sup>th</sup> International Conference on Mineralogy and Museums*. Volume 1. Dresden. 200 p.
- Thornton, J. (2005). *Adhesives and adhesion*. Buffalo State College.
- Waller, R. (1992). Temperature and humidity-sensitive mineralogical and petrological specimens. In: F. M. Howie, *The care and conservation of geological material: minerals, rocks, meteorites and lunar finds* (25-50). Oxford: Butterworth-Heinemann.
- Whitenack, W. B. (2008). The use of electrolytic reduction for the removal of chlorides from iron-nickel meteorites. *Cantaurus*, 16, 21-27.
- Zhigilei, L. V. (2012). *Crystal defects*. Department of Materials Science and Engineering. University of Virginia. Disponível em: <<http://people.virginia.edu/~lz2n/mse201/mse201-defects.pdf>>. Acesso em: 31 de agosto de 2012.