

Este arquivo contém o texto completo do seguinte trabalho:

MARTINS, Roberto de Andrade. Instrumentos e técnicas nas ciências biológicas. Pp. 99-138, in: CALDEIRA, Ana Maria de Andrade; ARAÚJO, Elaine S. Nicolini Nabuco de (orgs.). Introdução à didática da Biologia. São Paulo: Escrituras, 2009.

Este arquivo foi copiado da biblioteca eletrônica do Grupo de História e Teoria da Ciência <<http://www.ifi.unicamp.br/~ghtc/>> da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), do seguinte endereço eletrônico (URL):

<<http://ghtc.ifi.unicamp.br/pdf/ram-143.pdf>>

Esta cópia eletrônica do trabalho acima mencionado está sendo fornecida para uso individual, para fins de pesquisa. É proibida a reprodução e fornecimento de cópias a outras pessoas. Os direitos autorais permanecem sob propriedade dos autores e das editoras das publicações originais.

This file contains the full text of the following paper:

MARTINS, Roberto de Andrade. Instrumentos e técnicas nas ciências biológicas. Pp. 99-138, in: CALDEIRA, Ana Maria de Andrade; ARAÚJO, Elaine S. Nicolini Nabuco de (orgs.). Introdução à didática da Biologia. São Paulo: Escrituras, 2009.

This file was downloaded from the electronic library of the Group of History and Theory of Science <<http://www.ifi.unicamp.br/~ghtc/>> of the State University of Campinas (UNICAMP), Brazil, from following electronic address (URL):

<<http://ghtc.ifi.unicamp.br/pdf/ram-143.pdf>>

This electronic copy of the aforementioned work is hereby provided for exclusive individual research use. The reproduction and forwarding of copies to third parties is hereby forbidden. Copyright of this work belongs to the authors and publishers of the original publication.

VI. Instrumentos e técnicas nas Ciências Biológicas

Roberto de Andrade Martins¹

Introdução

Quando pensamos sobre o ensino da Biologia, costumamos apenas refletir sobre os *conteúdos* que são aprendidos, mas não sobre os *procedimentos de pesquisa* que levaram ao estabelecimento desses conhecimentos. No entanto, a ciência não é apenas um conjunto de resultados, é um processo social de construção de conhecimentos, e quando apenas se estudam esses resultados fica-se com uma visão inadequada sobre a natureza da ciência. É importante que os estudantes aprendam também alguma coisa sobre os processos de pesquisa biológica, e isso inclui uma reflexão sobre os instrumentos e as técnicas de estudo.

Quando uma pessoa visita um moderno laboratório de pesquisa em Biologia pode ficar impressionado com a grande quantidade de equipamentos sofisticados utilizados. Dependendo da área de pesquisa, os aparelhos podem ser muito caros – por exemplo, no campo de genética molecular. Aprender a trabalhar com esses instrumentos também não é simples – exige um treinamento especializado.

Equipamentos e técnicas de trabalho complexos fazem parte de qualquer ciência avançada, e a Biologia não é uma exceção. Os estudantes e professores sabem disso. Mas é necessário evitar que essa imagem popular, de laboratórios cheios de coisas complicadas, interfira negativamente no aprendizado da Biologia e no próprio conceito de pesquisa científica.

Na prática educacional, é importante transmitir aos estudantes noções a respeito da relevância do uso de instrumentos e de técnicas especiais no estudo dos seres vivos. Mas essas noções não devem representar uma barreira colocada diante deles, como se a pesquisa fosse inacessível para quem não possui laboratórios sofisticados e um longuíssimo treinamento. É importante mostrar aspectos acessíveis do uso de instrumentos e técnicas na Biologia, de tal modo que os estudantes possam captar os princípios gerais que estão envolvidos no seu uso.

Este capítulo apresentará, primeiramente, uma visão geral sobre o emprego de instrumentos e técnicas na Biologia. Depois, abordará um exemplo específico – o estudo de Aristóteles sobre o camaleão – para exemplificar algumas técnicas de estudo simples, porém de grande importância, já utilizadas na Antiguidade. Em seguida, será

¹ Grupo de História e Teoria da Ciência (GHTC), Instituto de Física “Gleb Wataghin”, Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), Caixa Postal 6059, 13083-970 Campinas, SP; (Rmartins@ifi.unicamp.br).

apresentado um panorama histórico sobre o modo pelo qual novos instrumentos e técnicas de estudo vão sendo introduzidos nos estudos biológicos ao longo dos séculos. Finalmente, serão discutidas de forma mais detalhada algumas técnicas de estudo específicas: os procedimentos de observação, desenho e reprodução de figuras de história natural; os processos de conservação de espécimes animais e vegetais; e o desenvolvimento do microscópio e seu uso nos estudos biológicos. Ao final, serão apresentados alguns comentários sobre o uso desse conhecimento no ensino da Biologia.

1. O que são instrumentos e técnicas?

Quando se fala sobre “instrumentos” podem surgir à mente as imagens de aparelhos complicados e caros. No entanto, neste capítulo, vamos interpretar “instrumentos” de um modo muito amplo – como aparece nos dicionários comuns. A palavra “instrumento” significa um meio com o qual se faz alguma coisa. Vem do latim *instrumentum*, que significa ferramenta, implemento.

Uma tesoura é um instrumento, uma cadeira é um instrumento, qualquer objeto construído pelo ser humano que pode ser usado várias vezes e que tem alguma finalidade é um instrumento. Podemos também usar a palavra “artefato”, no mesmo sentido.

Um *instrumento científico* é simplesmente um artefato utilizado na pesquisa científica². Ele não é construído de uma forma distinta, mas se torna científico apenas pelo seu uso. Um mesmo aparelho (uma balança, por exemplo) pode ser utilizado para diferentes finalidades, e dependendo do seu emprego ele poderá ser, em um momento, um instrumento científico, em outro momento, um instrumento comercial ou técnico.

Vamos também usar a palavra “técnica” de um modo amplo. “Técnica” significa qualquer procedimento sistemático para realizar uma tarefa. Vem do grego *technikos*, que significa habilidade, ou *arte* (no sentido daquilo que um artesão sabe fazer). As técnicas podem ser inventadas, é claro, mas normalmente precisam ser aprendidas – a pessoa precisa ser treinada e adquirir experiência para conseguir dominá-la.

Uma costureira conhece muitas técnicas especiais para cortar tecidos e para pregar botões. Até fritar um ovo exige um conhecimento técnico – quem não sabe fazer isso direito arrebenta a gema do ovo, ou então o deixa queimar, ou respinga gordura quente na própria pele, por exemplo. Uma técnica, no sentido amplo, é qualquer sequência de ações que pode ser aprendida e repetida para produzir certos resultados.

No dia a dia empregamos muitos instrumentos e técnicas. Para escovar os dentes, utilizamos um instrumento específico (a escova dental) e seu uso exige uma técnica

² Para uma visão geral a respeito do conceito de instrumento científico e de sua evolução na história, ver os trabalhos de Turner (1998) e Warner (1990).

especial que precisa ser aprendida – quanta pasta de dente se deve usar, como se segura a escova, como se deve passar a escova pelos dentes e pela gengiva etc. Pode-se até mesmo incluir a escrita na lista de técnicas que utilizam instrumentos especiais (de lápis e papel até computadores).

O tema que nos interessa aqui é o uso de instrumentos e técnicas *para estudo ou pesquisa* da Biologia. É claro que podemos observar e aprender muitas coisas sobre animais e plantas apenas com nossos sentidos e sem um treino especial. É assim que as crianças e adultos costumam se familiarizar com os pássaros, os cachorros, os gatos, as árvores, a grama etc. Porém, o uso de instrumentos e técnicas nos permite *estender ou ampliar nossas capacidades*, para nos instruímos sobre os seres vivos.

Suponhamos que você tenha um interesse especial por pássaros. Além de olhá-los sem utilizar nenhum instrumento ou técnica, você poderia utilizar uma luneta ou binóculos para poder olhá-los melhor de longe (sem assustá-los), poderia usar uma máquina fotográfica para captar suas imagens, poderia utilizar uma filmadora para registrar seus movimentos e hábitos, poderia empregar um gravador para captar os sons que eles produzem. O uso de cada um desses instrumentos exige certo conhecimento técnico, é claro.

Nem sempre os instrumentos mais modernos e sofisticados são os que exigem maior conhecimento técnico – pelo contrário, eles costumam ser construídos de modo a facilitar o seu uso. Suponhamos que você queira atrair um determinado pássaro, para estudá-lo. Existem pequenos instrumentos, parecidos com apitos comuns, que imitam o som de diversos pássaros. São objetos de madeira, que parecem muito simples; mas para usá-los você precisa não só saber qual o som produzido pela ave que você quer atrair, mas também conhecer a técnica para imitar esse som com o apito – o que não é tão fácil quanto pode parecer. Pense também em outro exemplo: desenhar um pássaro. Você só precisa de instrumentos muito simples, como papel e lápis; mas fazer um *bom* desenho exige um conhecimento técnico extremamente sofisticado.

Atualmente, os manuais de Biologia não dão atenção a muitos aspectos práticos importantes da pesquisa de campo, como esses. Para a elaboração deste capítulo foi importante estudar diversos manuais antigos redigidos para o uso de estudos de História Natural, dos séculos XVIII e XIX (ANÔNIMO, 1831; BROWN, 1840; CAPUS, 1883; COULTAS, 1876; LETTSON, 1772; MAYNARD, 1887; TAYLOR, 1883; TURGOT, 1758; VERLOT, 1865).

2. O estudo dos seres vivos

Há muitos modos diferentes de estudar os animais e plantas, em diferentes níveis, com diversas finalidades. Os instrumentos e as técnicas que se utilizam dependem daquilo que se quer fazer, dos aspectos que estão sendo investigados.

2.1. O ser vivo isolado

Há diferentes níveis de estudo de um ser vivo. Imagine, por exemplo, um pássaro vivo, dentro de uma gaiola, em uma sala de aula. Este é o nível de estudo de um ser vivo individual, como um todo, porém isolado de outros animais e plantas e fora do seu ambiente. É uma situação bastante artificial, é claro. Podemos examinar esse animal como um todo, ver sua forma geral e a de seus membros e partes, a textura de suas penas e da pele, sua cor, o tamanho, o peso, os movimentos, os sons, descrever aquilo que se observa externamente. Podemos observar seu comportamento, oferecer-lhe alimentos e ver sua reação, colocá-lo em diferentes situações para ver o que acontece. Se estivermos interessados apenas na estrutura externa do animal, podemos também estudar um espécime morto e empalhado, por exemplo.

Pode parecer que basta utilizar nossos olhos e ouvidos para fazer esse tipo de estudo, mas não é verdade. Em primeiro lugar, alguém precisa localizar e capturar esse pássaro, o que pode ser uma tarefa difícil, exigindo instrumentos e técnicas especiais. Depois, é preciso saber como cuidar dele dentro desse instrumento (a gaiola), para mantê-lo vivo – conhecer algumas coisas sobre alimentação desta ave, cuidados de higiene, entre outros. Pode ser importante utilizar instrumentos especiais para observar e captar sua aparência, sons, movimentos, reações, para pesá-lo etc. No caso de animais mortos, é necessário saber como preservá-los para que não apodreçam nem sejam destruídos por mofo ou insetos, por exemplo. E o mais importante de tudo: é necessário ter um treino para saber o que deve ser observado, e como documentar de forma adequada tudo o que se observa. Se colocarmos a mesma ave diante de uma criança ou de um adulto sem treino especial, ou diante de um biólogo experiente, e pedirmos que eles descrevam o animal, os resultados serão totalmente diferentes – não por causa do uso de instrumentos especiais, mas porque o biólogo tem um conhecimento técnico que lhe permite observar e descrever muito melhor tudo o que examina.

2.2. O ser vivo no seu ambiente

Ao invés de estudar o pássaro preso na gaiola, podemos estar interessados em estudar essa ave (ou outro ser vivo) no seu ambiente – observar um ser vivo *vivendo*. Podemos então descobrir como ele nasce, como cresce, como é cuidado (ou não) por seus progenitores, como se alimenta, como interage com outros seres da mesma espécie (o seu comportamento social) e de espécies diferentes, como ele se reproduz, seus hábitos na natureza, seus predadores e assim por diante. Esse estudo pode ser mais amplo ou mais restrito: pode envolver um tempo maior ou menor, pode analisar um número maior ou menor de indivíduos, uma área geográfica maior ou menor, entre outras variáveis. Se esse tipo de estudo for muito amplo no espaço e no tempo, acabará envolvendo um estudo sobre a evolução das espécies, sobre as transformações do globo terrestre e sobre as complexas relações ecológicas de toda a biosfera.

Por meio de documentários que vemos na televisão, todos temos alguma ideia sobre alguns instrumentos e técnicas envolvidos nesse nível de estudo. São utilizados instrumentos como filmadoras, por exemplo; às vezes são utilizados instrumentos especiais para localizar os animais que vão ser estudados e para acompanhar seu deslocamento (por exemplo, aparelhos que captam sinais de rádio emitidos por dispositivos colocados nos animais); e pode ser necessário construir abrigos especiais, no solo ou em cima das árvores, onde o pesquisador fica protegido e oculto, para poder fazer suas observações. Os instrumentos usados podem ser sofisticados, como câmaras de vídeo que captam radiação infravermelha, para poder filmar os animais durante a noite. Pode ser necessário utilizar veículos especiais para seguir os animais – helicópteros, barcos e outros, dependendo da espécie estudada. Pensem também na dificuldade de estudar animais do fundo do mar, que exigem aparelhagem especial de mergulho (ou mesmo submarinos para grande profundidade), câmaras subaquáticas etc.

Os equipamentos são aquilo que nos chama mais a atenção, mas as técnicas de trabalho são essenciais. Talvez você também já tenha visto, em documentários, como os pesquisadores muitas vezes precisam da ajuda de pescadores, caçadores ou “mateiros” (pessoas acostumadas com o ambiente de mata) para localizar aquilo que querem estudar. Essas pessoas não só conhecem os hábitos dos animais, mas também sabem reconhecer pegadas e outros sinais (como fezes), seguir uma trilha, atrair os animais etc. O pesquisador precisa ter conhecimento prévio sobre os seres que vai estudar, precisa saber o que quer obter e precisa saber olhar, entender, registrar e descrever o que está vendo. E isso tudo não é fácil.

2.3. A estrutura do ser vivo

Em vez de estudar o pássaro (ou um outro ser vivo) no seu ambiente, podemos, no entanto, querer estudar suas partes e seu funcionamento interno (anatomia e fisiologia). Esse estudo pode também ser feito em diferentes níveis, começando pelos órgãos e partes que podem ser distinguidos mais facilmente, passando ao estudo dos tecidos, das células, e por fim dos componentes celulares, em níveis cada vez mais microscópicos – chegando ao estudo do DNA e de outras moléculas constituintes dos seres vivos. Em cada um desses níveis, podemos estar interessados em estudar a *anatomia* ou estrutura (quais as partes) e a *fisiologia* ou funcionamento (como e por que certas coisas acontecem).

Para separar as partes de um ser vivo, são utilizados alguns instrumentos (de bisturis até micrótomos para fazer lâminas de tecidos, por exemplo) e são utilizados diversos aparelhos para visualizar ou estudar essas partes (desde microscópios ópticos e eletrônicos até sistemas de análise química, espectrômetros, aparelhos de ressonância magnética, entre outros). É principalmente nesse campo de estudos que se torna necessário fazer experimentos, para verificar como o organismo funciona – e a experimentação geralmente pressupõe uma técnica de trabalho adquirida através de longa experiência e

treino. Mesmo coisas que parecem simples – como separar os órgãos durante a dissecação de um animal – são complexas, exigindo um aprendizado prévio.

2.4. Estudos comparativos

Em todos esses casos, podemos fazer um estudo do pássaro sem procurar compará-lo com outros animais, ou fazer um estudo comparativo (por exemplo, comparar com outras aves, ou com uma variedade mais ampla de animais). Por um lado, há sempre um interesse em descobrir as *peculiaridades* de um organismo, aquilo que ele tem de diferente; por outro lado, é importante determinar o que é *comum* a muitos organismos. Esses dois aspectos se complementam, em uma pesquisa biológica.

Estabelecer comparações enriquece nosso conhecimento. Para fazer boas comparações, é necessário dispor de muito conhecimento anterior acumulado. Se uma pessoa conhece bem centenas de pássaros, poderá notar imediatamente o que um outro pássaro tem de igual ou diferente, em relação àqueles.

Há ramos de estudo que se baseiam totalmente na análise comparativa. A classificação de animais e plantas, por exemplo, envolve um processo de comparação, de busca de semelhanças e diferenças. A anatomia comparada estabelece as características comuns e as peculiaridades dos diversos organismos de uma mesma categoria. Porém, mesmo quando não estamos conscientemente procurando fazer comparações, todo o nosso funcionamento mental se baseia em buscas de semelhanças e diferenças. Quando olhamos para uma coisa e dizemos que é um pássaro, por exemplo, estamos fazendo uma comparação entre o que vemos naquele momento e outras coisas semelhantes que já vimos antes. Quando dizemos que os cachorros têm quatro patas e as aves têm duas, estamos também comparando órgãos de animais bastante diferentes, mas encontrando semelhanças entre eles que nos permitem dar o mesmo nome a essas partes. Todo uso da linguagem falada ou escrita envolve processos de comparação.

3. Técnicas e instrumentos biológicos na Antiguidade

Em certo sentido, o uso de instrumentos e técnicas de trabalho faz parte do estudo dos seres vivos desde a Antiguidade. Muito antes que a Biologia tivesse esse nome, as pessoas se interessavam pelas plantas e animais, tinham curiosidade de conhecer coisas diferentes, gostavam de ver e estudar os seres vivos. As diferenças, a variedade dos animais e plantas – isso era o que mais chamava a atenção. As coisas estranhas ou peculiares, pouco usuais, eram as mais valorizadas. Ao mesmo tempo que havia o interesse nas diferenças, nas características individuais, havia também uma busca de semelhanças, de coisas comuns a certos animais ou plantas. E sempre existiu, é claro, o interesse por animais e plantas sob o ponto de vista de sua utilidade para o ser humano.

EDUCAÇÃO PARA A CIÊNCIA

Os seres humanos pré-históricos, como também seus antepassados não humanos, possuíam muitos conhecimentos sobre plantas e animais. À medida que a humanidade foi-se desenvolvendo, surgiram novos conhecimentos sobre o modo de localizar, caçar e pescar animais selvagens, de criar animais domésticos, de utilizar plantas e de cultivá-las.

Figura 1 – Pintura egípcia com animais e plantas, encontrada na tumba do Faraó Nebamun (aproximadamente 1.350 a.C.).



Fonte: Wikipedia

Inicialmente, as pessoas que mais entendiam de animais e plantas eram as que tinham interesses práticos por eles: criadores de animais, agricultores, caçadores, pescadores, cozinheiros etc. Essas pessoas desenvolveram técnicas e instrumentos para cultivar plantas, para localizar e capturar ou matar animais, para cuidar deles e mantê-los vivos, para cortar os animais em partes, para conservar peles de animais de modo que não se estragassem, por exemplo. Os médicos antigos também desenvolveram conhecimentos não apenas sobre o corpo humano, mas também sobre animais e plantas. Em algumas civilizações antigas, havia sacerdotes que procuravam adivinhar o futuro matando animais e examinando os seus órgãos internos, e que também conheciam muito bem sua anatomia. No antigo Egito, eram mumificados não apenas os corpos de seres humanos, mas também de alguns animais (cachorros, gatos, aves), e isso exigia o conhecimento de seus corpos e de processos de preservação deles.

A representação de animais e plantas, por meio de esculturas, desenhos e pinturas, existe desde a Antiguidade. Em algumas cavernas europeias há pinturas pré-históricas de diversos animais, que talvez tivessem significado religioso. Na Mesopotâmia e no Egito, muitos séculos antes da era cristã, eram feitos desenhos e pinturas de diversos animais – às vezes com muitos detalhes e realismo, às vezes de forma mais esquemática ou mesmo com distorções intencionais (ver Figuras 1 e 2).

Figura 2 – Mosaico representando animais marinhos, do início da Era Cristã, encontrado na “Casa do Fauno”, nas ruínas de Pompeia.



Fonte: Wikipedia

Fi

Em todos esses casos, esse conhecimento tinha finalidades práticas, não era um estudo dos seres vivos com a finalidade de conhecê-los e compreendê-los. Mas os caçadores, pescadores, criadores de animais, as pessoas que colhiam frutos e raízes e as que as cultivavam, adquiriram um grande volume de informações que foram depois incorporadas ao conhecimento biológico. Da mesma forma, muitos instrumentos e técnicas utilizados inicialmente para finalidades práticas foram também depois utilizados para o estudo científico dos seres vivos. Em certo sentido, o estudo “desinteressado” dos seres vivos surgiu como uma extensão do conhecimento que já havia surgido antes, por outros motivos. E muitos instrumentos e técnicas utilizados na botânica e na zoologia vieram de outras práticas que já existiam antes, mas voltadas para fins práticos.

É difícil dizer quando começa a haver um interesse “científico” pelos seres vivos – no sentido de um desejo de conhecê-los em si mesmos, sem pensar em sua utilidade.

A curiosidade é um componente essencial dos seres humanos – e de muitos animais – e não se deve pensar que ela começou a se manifestar apenas a partir de uma certa época, em certo local. Porém, os textos mais antigos de que dispomos contendo descrições detalhadas de animais e plantas, sem fins práticos, provêm do período de florescimento da filosofia grega, alguns séculos antes da era cristã. Aristóteles nos deixou vários livros sobre animais, e seu companheiro e seguidor Teofrasto escreveu as mais antigas obras sobre plantas de que dispomos.

Esses antigos naturalistas aprenderam muito com pescadores, caçadores, agricultores e outras pessoas que possuíam conhecimentos práticos sobre os seres vivos. Provavelmente Aristóteles aprendeu diversas técnicas com seu pai, que era médico. Eles não parecem ter desenvolvido nenhum instrumento novo para suas pesquisas. Mas esses antigos pensadores adicionaram a tudo o que já era conhecido novas técnicas de estudo, descrição e de reflexão sobre os seres vivos.

Para termos uma ideia mais concreta sobre isso, vamos dar um exemplo específico.

4. Aristóteles e o camaleão

Vejam os um exemplo concreto de descrição de um animal, a partir do qual vamos fazer uma análise de alguns dos processos empregados na zoologia. Trata-se de um texto de Aristóteles, escrito aproximadamente 350 anos antes da era cristã. É a mais antiga descrição que conhecemos sobre o camaleão.

O camaleão se parece ao lagarto na configuração geral de seu corpo, mas as costelas se estendem para baixo e se encontram abaixo do ventre como no caso dos peixes, e a espinha dorsal é elevada, como nos peixes. Sua face se assemelha à do babuíno. Sua cauda é muito longa, termina em uma ponta fina e fica enrolada, como uma tira de couro. Ele se ergue com pernas mais longas do que o lagarto; as pernas se dobram do mesmo modo em ambos.

Cada um de seus pés se divide em duas partes, que se situam em oposição uma em relação à outra como nosso polegar e o resto da mão. Cada uma dessas partes se divide em artelhos, pouco separados. Nos pés dianteiros, a parte interna se divide em três e a parte externa em dois. Nos pés traseiros, a parte interna em dois e a externa em três. Possuem unhas em cada artelho, como as das aves predadoras. Seu corpo é todo áspero, como o do crocodilo.

Seus olhos estão situados em uma cavidade e são muito grandes e redondos, envoltos em uma pele como a do resto do corpo. No meio existe uma pequena abertura pela qual ele vê, e ela nunca é fechada pela pele. Os olhos giram para os lados, e ele pode dirigir sua visão para qualquer lado e olhar para onde quiser. A mudança de cor de sua pele ocorre quando ele se incha com ar. Ele pode ficar negro, semelhante ao crocodilo, ou amarelo como o lagarto, com manchas negras como o leopardo. Essa mudança de cor ocorre em todo o corpo, pois ela também influencia os olhos e a cauda.

Seus movimentos são lentos, como os da tartaruga. Ele adquire uma coloração amarela quan-

INTRODUÇÃO À DIDÁTICA DA BIOLOGIA

do está morrendo e mantém essa cor depois de morto. O esôfago e a traqueia do camaleão são semelhantes aos do lagarto. Ele não possui carne a não ser na cabeça, na mandíbula e perto da raiz da cauda. Apenas tem sangue na região do coração, nos olhos, na região acima do coração e nas veias que se espalham a partir dessas regiões. Mas existe muito pouco sangue nelas.

O cérebro está situado um pouco acima dos olhos, mas ligado a eles. Quando se retira a pele externa do olho, encontra-se uma coisa que recobre o olho que brilha como um anel de cobre. Há membranas que se estendem sobre toda a estrutura de seu corpo, numerosas e fortes, que ultrapassam em número e força as de outros animais. Depois de ser cortado e aberto, ele continua a respirar durante algum tempo. Vê-se um pequeno movimento na região do coração e aparecem contrações especialmente na vizinhança das costelas, mas não nas outras partes do corpo. Não possui um baço visível. Ele hiberna em buracos, como os lagartos. (ARISTÓTELES, *Historia Animalium*, livro 2, cap. 7, 503b15 – 504a28)

Como não existem camaleões nativos no Brasil, é muito provável que você nunca tenha visto pessoalmente um desses animais e pode nem ter visto alguma imagem deles nem ter estudado suas características (ver figura 3). Nem tudo o que Aristóteles escreveu é considerado correto, atualmente, mas a sua descrição é bastante boa.

Figura 3 – Fotografia de um camaleão europeu comum (*Chamaeleo chamaeleon*).



Fonte: Wikipedia

Jules Barthélemy-Saint-Hilaire (1805-1895), que traduziu e comentou a História dos Animais e outras obras de Aristóteles, comparou essa descrição com a de diversos naturalistas do século XIX e encontrou alguns pontos de desacordo (SAINT-HILAIRE, em Aristóteles, 1883, vol. 1, p. 148-54). A comparação entre a coluna vertebral do camaleão e a dos peixes não é aceita pelos naturalistas modernos, nem a suposta semelhança

entre a face do camaleão e a do babuíno. A pele do camaleão não é tão grossa e cheia de escamas como a do crocodilo, embora tenha granulações semelhantes a escamas. A mudança de cor do camaleão pode ocorrer mesmo quando ele não fica inchado. Quanto à falta de sangue na maior parte do corpo do camaleão, é evidente que isso não deve ser interpretado literalmente, mas pode ser considerado como uma descrição de que algumas regiões sangram muito e outras não. Com relação à afirmação de que ele não tem baço visível, Saint-Hilaire não encontrou menção sobre isso nos naturalistas mais modernos. Há também vários pontos importantes que Aristóteles não descreveu, como a grande língua cilíndrica do camaleão e seu uso para capturar insetos, e o uso que ele faz da cauda, que enrola em torno de galhos das árvores, para se segurar. Apesar dessas imperfeições e lacunas, pode-se considerar que a apresentação do camaleão por Aristóteles é notável, e foi elogiada por Georges Cuvier, que afirma que o pensador grego “descreveu perfeitamente bem” esse animal (CUVIER, 1829-1830, vol. 2, p. 58, nota 3).

Analisemos, agora, até que ponto Aristóteles (e outros naturalistas antigos) precisaram utilizar instrumentos e técnicas para estudar o camaleão. À primeira vista, pode parecer que essa descrição de Aristóteles não envolveu qualquer técnica ou instrumento; mas vamos pensar um pouco melhor sobre o que está envolvido nesse seu estudo.

4.1. Encontrar e coletar ou capturar

A descrição de Aristóteles pressupõe, antes de mais nada, que se tenha encontrado e capturado um camaleão para observar e estudar. Nem sempre é simples fazer isso. Suponha que você vivesse em um país onde há camaleões. Como iria encontrá-los? E como iria capturá-los? Precitaria de algum tipo de armadilha? Qual tipo? Poderia pegar um camaleão com a mão, ou precisaria de algum instrumento para pegá-lo, para não ser mordido?

Apesar do seu nome³, esses animais são encontrados normalmente nos galhos das árvores ou arbustos. Eles se movem lentamente, por isso é relativamente fácil capturá-los. Mas podem morder a pessoa, por isso é necessário utilizar alguma proteção (como uma luva grossa) para pegá-los. Não sabemos se Aristóteles e seus contemporâneos utilizavam algum objeto para capturá-los; mas é importante ter em mente que para encontrar e capturar animais pode ser necessário utilizar algum instrumento ou técnica especial.

Para localizar uma planta ou animal, pode ser necessário que o pesquisador se desloque para locais distantes (como outros países) e de difícil acesso (por exemplo, o pico de uma montanha, ou o alto de uma árvore, ou dentro de uma caverna, ou no fundo do

³ O nome “camaleão” vem do latim chamaeleo, derivado do grego χαμαιλέων (khamailéon), palavra composta de χαμαί (khamai) que significa “sobre o solo”, e de λέων (leon), que significa “leão”. Talvez esse animal tenha recebido esse nome por causa da forma peculiar da cabeça, que tem certa semelhança com a juba de um leão.

oceano). Sem uma tecnologia adequada, pode ser difícil ou impossível chegar até onde está o objeto que se quer estudar. Além disso, pode ser difícil encontrá-lo, mesmo quando se está na região onde ele está. Se o pesquisador quiser obter animais vivos, há geralmente a necessidade de utilizar armadilhas especiais, diferentes para cada tipo de animal. Se ele quiser coletar animais mortos, precisa de armas e outros dispositivos para matá-lo. Muitas vezes os naturalistas precisam de ajuda de caçadores, pescadores e outras pessoas que lidam com animais para fins práticos (não científicos) e que possuem grande conhecimento sobre o modo de localizar e capturar (ou matar) os indivíduos que serão utilizados na pesquisa.

4.2. Transporte e manutenção ou conservação

Uma vez obtidos os espécimes que se quer pesquisar, começa seu estudo propriamente dito, seja no ambiente onde eles vivem, seja levando-os para outro local. Há camaleões na Grécia continental e também em algumas ilhas do mar grego. Não sabemos onde Aristóteles os estudou – pode ter visitado algum lugar onde eles viviam, ou pode ter conseguido obter espécimes trazidos das ilhas para o local onde estava. Sua descrição não inclui comportamentos e hábitos do animal, o que sugere que ele o estudou fora de seu ambiente. No entanto, deve ter obtido também informações de pessoas que conviviam com esses animais, já que menciona sua capacidade de hibernar em buracos.

Se um naturalista quiser transportar animais ou plantas para outro local, vai precisar também de meios de transporte que podem não ser banais (pense, por exemplo, em como transportar um elefante ou uma baleia), caixas ou recipientes especiais, bem como de um modo de alimentar e manter aquele ser vivo.

4.3. Descrição externa, comparações

Aristóteles parece não ter usado nenhum instrumento para observar o camaleão. Ele não indicou o comprimento nem o peso do animal, não fez medidas, nem indicou aproximadamente seu tamanho (um camaleão europeu comum tem cerca de 20 a 30 cm, incluindo a cauda). A descrição externa parece realmente não ter utilizado nenhum instrumento, mas indica uma *técnica de descrição* bastante interessante. Em primeiro lugar, devemos notar que o trecho citado acima está inserido em uma obra muito ampla, *História dos Animais*, e que nela o pensador grego faz continuamente comparações entre diferentes espécies e gêneros, evitando repetições desnecessárias e enfatizando principalmente as diferenças. Em obras contemporâneas de zoologia, costuma-se igualmente descrever um gênero, por exemplo, apresentando tudo o que é comum às suas espécies, e depois indicando para cada espécie o que ela tem de adicional ou diferente.

Assim, quando Aristóteles afirma que “o camaleão se parece ao lagarto na configuração geral de seu corpo”, o leitor deve entender que Aristóteles já havia descrito este

outro animal e não vai repetir essas informações; vai apenas complementar essa descrição com as novas informações que são fornecidas. Por exemplo: no capítulo 1 do livro 2 da *História dos Animais* ele, havia descrito que todos os quadrúpedes ovíparos, como o crocodilo e o lagarto, dobram os dois pares de pernas (anteriores e posteriores) para frente (como nós dobramos os braços), com um pequeno desvio para o lado. Então, quando Aristóteles diz que as patas do camaleão dobram do mesmo modo, o leitor precisa ter conhecimento dessas informações que já haviam sido fornecidas, no livro.

Outro aspecto da técnica de descrição de Aristóteles é fazer comparações com outros animais (babuíno, peixes, aves de rapina, crocodilo etc.). Na verdade, para se conseguir observar de fato os detalhes de uma planta ou animal, a pessoa precisa dispor de experiência, já precisa ter observado muitas outras coisas, ter prestado atenção aos seus detalhes, e depois recordar e comparar aquilo que está observando com tudo aquilo que já conhece. Além disso, precisa ter um vocabulário para descrever o que está vendo. No caso da descrição externa, o vocabulário costuma ser bastante simples; mas no caso da descrição interna, não é.

4.4. Armazenar espécimes

Pode ser importante, para o naturalista, transportar e armazenar espécimes de animais e plantas, guardando exemplares vivos ou mortos, para estudo posterior. Criar animais e cultivar plantas são atividades que o ser humano desenvolveu inicialmente por motivos práticos, por prazer estético e por mera curiosidade, não para pesquisa científica. Na Antiguidade já existiam plantações e jardins, criação de animais para alimentação e para mero entretenimento.

Não sabemos se os gregos se preocupavam em conservar espécimes de animais mortos, para estudo. Aristóteles não menciona esse tipo de técnica – embora, como já dissemos, os egípcios tivessem desenvolvido há muito tempo os processos de mumificação. Aparentemente também não existiam coleções de plantas secas (herbários) para estudo botânico.

4.5. Descrição do animal vivo

Muitos dos aspectos apresentados na descrição de Aristóteles não poderiam ter sido registrados se ele não tivesse observado um animal vivo. Ele relatou, por exemplo, como os olhos do camaleão se movimentam, como ele muda de cor, como se locomove.

No entanto, não relatou seus hábitos na natureza (exceto o fato de hibernar), nem seu comportamento social, forma de acasalamento, por exemplo – como faz no caso de outros animais. Isso pode significar que ele não pôde observar o animal em condições naturais, tendo apenas visto camaleões capturados.

4.6. Descrição interna

Aristóteles apresentou não apenas uma descrição da aparência externa do camaleão, de seus movimentos e mudança de cor, mas também de seus órgãos internos. Este é um dos pontos altos de seu estudo.

A prática de dissecação envolve uma técnica sofisticada, pois a pessoa precisa aprender a ir cortando e separando as partes e órgãos que estuda, descrevê-los, comparando com outros casos que já conhece – como Aristóteles fez. A descrição das partes internas exige também um vocabulário que não pertence ao nosso dia a dia, sendo parte de um conhecimento especializado. O único instrumento necessário é uma boa faca, mas não basta ter um instrumento cortante para saber fazer uma dissecação. Há uma técnica de trabalho, que precisa ser aprendida com pessoas mais experientes.

Note que Aristóteles praticou a vivissecação, ou seja, ele cortou e estudou um animal vivo (sem anestesia, é claro). Há muitas discussões, em tempos recentes, sobre a validade de se realizar esse tipo de experimento, já que deve produzir um grande sofrimento no animal – porém, até o final do século XIX, não existiam objeções significativas a essas práticas.

4.7. Representação pictórica

O uso de figuras é de grande importância, na zoologia e na botânica. Elas podem conservar e transmitir informações que não podem ser representadas de forma adequada apenas com palavras. A produção de bons desenhos é uma técnica difícil, que precisa ser aprendida, e que se desenvolveu com o tempo.

Não dispomos de nenhum estudo da Antiguidade sobre seres vivos que contenha desenhos de animais e plantas. As obras de Aristóteles que foram conservadas não contêm desenhos dos animais que ele estudou. No entanto, ele próprio menciona várias vezes ter escrito um *Tratado de Anatomia*, que continha desenhos dos órgãos internos de animais. Infelizmente, essa obra foi perdida.

Existem pinturas gregas e romanas que foram conservadas, que apresentam boas representações de animais e plantas (ver Figura 2). Certamente teria sido possível, no tempo de Aristóteles, produzir uma boa obra zoológica ilustrada.

4.8. O treino do naturalista

Durante séculos, o trabalho de Aristóteles serviu como modelo para os naturalistas. Embora não utilizasse muitos instrumentos para seu estudo zoológico, Aristóteles já possuía uma técnica bastante sofisticada de estudo e descrição de seres vivos. É evidente que, se colocássemos um camaleão vivo diante de um grupo de pessoas sem treino biológico, atualmente, elas não conseguiriam fazer uma descrição desse animal tão boa

quanto a de Aristóteles. E mesmo um estudante atual de biologia que não tenha treino específico em zoologia pode não ser capaz de fazer uma boa análise de um animal.

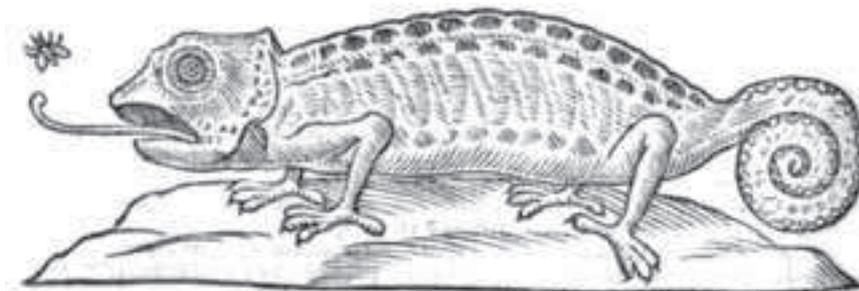
4.9. O que Aristóteles não fez

O estudo feito por Aristóteles não era completo, é claro. Como já foi assinalado, ele não apresentou figuras de camaleões. Os mais antigos desenhos de camaleões que conhecemos foram publicados em meados do século XVI, por Conrad Gesner (1516-1565). Ela mostra de forma muito clara a configuração das patas desse animal, conforme descritas por Aristóteles. Essa antiga ilustração (GESNER, 1554, p. 3) pode ser comparada com outras posteriores, que mostram detalhes diferentes, corrigindo alguns aspectos do desenho publicado por Gesner.

Aristóteles não se referiu à alimentação dos camaleões. Plínio, o Velho, relatou uma lenda popular segundo a qual eles se alimentavam apenas de ar, pois nunca eram vistos comendo nada. Apenas no século XVII, esclareceu-se que eles se alimentavam de insetos, que capturam com sua língua extremamente longa (ver Figura 4). O movimento da língua é tão rápido que escapa à percepção visual humana.

Muitos outros aspectos foram sendo descritos e esclarecidos com o passar do tempo. Na Biologia, como em outras áreas, há sempre um trabalho gradual e coletivo de obtenção de informações, de discussão, de experimentação e de interpretação. Não existe nenhum método que permita chegar de uma só vez a um conhecimento correto e completo. No entanto, sob o ponto de vista das características mais gerais do camaleão, pode-se dizer que o estudo de Aristóteles estava bastante bom. Deve-se notar que apenas no século XVII (ou seja, mais de 2.200 anos depois) surgiram descrições desse animal mais completas e detalhadas do que a do antigo filósofo (ver Figura 5).

Figura 4 – Desenho de um camaleão, publicado por Athanasius Kircher. Esta parece ter sido a primeira figura a mostrar um camaleão capturando e comendo uma mosca. O próprio Kircher, no entanto, afirmou que normalmente esses animais se alimentam apenas de ar.



Fonte: KIRCHER, 1646, p. 86

Figura 5 – Desenho de camaleão, publicado por Claude Perrault em 1669, mostrando tanto sua aparência externa quanto o esqueleto e alguns órgãos internos. Este trabalho apresentou o primeiro estudo moderno detalhado do camaleão.



Fonte: PERRAULT, 1669.

5. Técnicas e instrumentos biológicos na história

5.1. Antiguidade

Desde antes de Aristóteles, já existiam diversas técnicas importantes de criação de animais e plantas, e podemos considerar que os primeiros jardins botânicos e zoológicos são extremamente antigos. Muitos séculos antes da era cristã, os chineses, mesopotâmios e egípcios tinham jardins onde eram cultivadas plantas trazidas de lugares distantes, além de plantas da própria região. Também tinham criações de animais exóticos e semidomesticados (macacos, hienas, leopardos, aves, por exemplo), pelo menos desde 15 séculos antes da era cristã. Em parte, o interesse era prático – os animais e plantas podiam ser utilizados na alimentação e, às vezes, na produção de remédios. Havia também a mera curiosidade de conhecer coisas diferentes, e certa exibição de poder por parte de reis, faraós e outras pessoas poderosas que podiam se dar ao luxo de manter esses locais. Mas certamente os encarregados de manter esses jardins botânicos e zoológicos aprenderam muita coisa sobre as plantas e os animais de que cuidavam, e desenvolveram técnicas para conservá-los vivos e com saúde.

Caçadores, pescadores e cozinheiros estavam habituados a abrir, cortar e limpar animais utilizando facas comuns. No entanto, instrumentos de cirurgia eram utilizados também na dissecação de cadáveres humanos e de animais, por médicos e outros estudiosos da Antiguidade.

Já mencionamos também as técnicas de conservação de animais mortos, que foram desenvolvidas na Antiguidade. Sete mil anos antes da era cristã já se sabia como curtir peles de animais, para que não se estragassem e pudessem ser utilizadas para fabricar calçados, bolsas e outros objetos. O processo tradicional utilizava urina, excrementos de vários animais e uma dissolução de cérebro dos próprios animais. Essa técnica foi utilizada durante milênios. Não se sabe quando passou a ser empregada para a conservação de animais inteiros, como troféus de caça.

Da época de Aristóteles em diante, foram sendo gradualmente introduzidas várias novas técnicas de pesquisa biológica e médica, com o desenvolvimento de estudos anatômicos importantes no período do Museu de Alexandria (LONGRIGG, 1988). A mais antiga obra ilustrada de história natural que chegou até nós foi produzida pelo médico Pedanius Dioscórides (aprox. 40-90), que viveu em Roma, mas era de origem grega. Era um tratado sobre substâncias utilizadas na medicina, que continha a descrição de aproximadamente 600 plantas, além de algumas dezenas de animais e minerais. O manuscrito original não foi conservado, existindo, no entanto, algumas cópias feitas quatro séculos depois, ou mais recentes, que nos permitem não apenas conhecer seu texto mas também das ilustrações que o acompanhavam. De um modo geral, Dioscórides representava todas as partes relevantes da planta – raízes, caule e ramos, folhas, flores, frutos. Os desenhos são relativamente esquemáticos, procurando mostrar claramente as características principais, mas sem a intenção de serem obras de arte ou de reproduzirem as plantas vivas em seu ambiente. O livro de Dioscórides foi traduzido para vários idiomas durante a Idade Média e o Renascimento, e serviu de modelo para muitas obras ilustradas posteriores.

Pode-se dizer que a técnica de representação de animais e plantas, por meio de desenhos e pinturas, é uma combinação da técnica desenvolvida pelos artistas com a técnica de descrição dos estudiosos de animais e plantas. Pois um artista pode fazer uma belíssima pintura de um animal ou planta sem se preocupar em mostrar todas as suas características biológicas importantes, enquanto na zoologia e na botânica é mais importante a clareza de apresentação das características, do que a beleza.

5.2. Idade Média e Renascimento

Na Europa medieval, as principais obras zoológicas ilustradas eram os bestiários (ver Figura 6) – tipo de livro que continha muitas lendas a respeito de animais – incluindo alguns inexistentes, como o unicórnio, o dragão e a fênix. Durante o período medieval, o conhecimento sobre animais e plantas continuou a se desenvolver, principalmente no

mundo islâmico e, no final desse período, na Europa (HUTCHINSON, 1974). No entanto, não parecem ter surgido novos instrumentos e técnicas para o estudo de seres vivos.

Figura 6 – Ilustração de um bestiário medieval, mostrando um elefante carregando guerreiros. Note os detalhes das orelhas, presas, tromba, cauda e patas, que são completamente diferentes do animal real. Bestiário de Ann Walsh, conservado na Biblioteca Real de Copenhague, Dinamarca (Kongelige Bibliotek, Gl. kgl. S. 1633 4º, Folio 6v).



Fonte: Wikipedia

No final da Idade Média e no Renascimento, a medicina ganha um impulso muito forte, na Europa. As técnicas de dissecação se desenvolvem muito, nesse período – principalmente na Itália. As artes plásticas também têm um forte avanço, com a capacidade de representar de forma mais realística e detalhada aquilo que se observa. A perspectiva se desenvolveu bastante, e os quadros e desenhos se beneficiaram muito dessa técnica. Esses aspectos irão depois auxiliar muito o estudo dos seres vivos.

5.3. Início do período moderno

No final do século XV e no século XVI, a pesquisa sobre animais e plantas ganha um grande impulso, na Europa, por causa de diversas circunstâncias importantes, entre as quais podemos indicar a invenção da imprensa de tipos móveis e as grandes navegações.

O contato dos europeus com novas regiões do mundo, graças às navegações oceânicas, permitiu que conhecessem diversos novos animais e plantas, que eram descritos pelos viajantes e às vezes levados para a Europa. Em certo sentido, as caravelas e outros navios inventados nesse período foram importantes instrumentos para a pesquisa dos

EDUCAÇÃO PARA A CIÊNCIA

seres vivos, pois permitiam que as pessoas fossem até eles, e os trouxessem. O contato com animais e plantas exóticos estimulou muito o estudo da história natural, bem como a criação de jardins botânicos e zoológicos (HOAGE e DEISS, 1996). É interessante que essa nova motivação fez com que as pessoas se dedicassem a um estudo mais detalhado dos seres vivos de seus próprios países, também.

Os primeiros jardins botânicos desse novo período, associados geralmente a universidades, surgiram no século XVI. Os mais antigos foram os de Pisa, Pádua e Florença, criados um pouco antes de 1550. Nessa mesma época começaram a ser conservadas plantas secas, em herbários – uma nova técnica de trabalho, que aparentemente não existia antes. Certamente a existência de papel relativamente barato, nesse período, contribuiu para facilitar o desenvolvimento dos herbários (ARBER, 1912).

Nessa mesma época, alguns europeus ricos começaram a colecionar objetos curiosos trazidos pelos viajantes, criando os “gabinetes de curiosidades”, que podem ser considerados como os primeiros museus de história natural (ver Figura 7). Eles incluíam herbários (sob a forma de livros com plantas secas), coleções de conchas e ossos, minerais, animais empalhados, para citar alguns. A taxidermia parece ter se desenvolvido bastante, nesse intervalo de tempo, criando meios para conservar peixes (muito mais frágeis do que mamíferos) e outros animais que não eram preservados anteriormente.

Figura 7 – O farmacêutico e naturalista Ferrante Imperato (1550-1625), de Nápoles, montou um gabinete de curiosidades, mostrado nesta figura de 1599. A coleção de Imperato incluía um herbário, conchas, peixes, aves e outros animais empalhados, fósseis, minerais e pedras preciosas.



Fonte: Wikipedia

A invenção da imprensa de tipos móveis, no século XV, acompanhada por técnicas de fabricação de papel de boa qualidade e preço razoável, foi essencial para o desenvolvimento de todas as ciências, na época. Tornou-se possível reproduzir livros de forma muito mais barata e correta do que era possível no período anterior, em que se dependia exclusivamente de manuscritos. Os livros logo começaram a conter ilustrações (primeiramente, xilogravuras) estimulando assim a produção de desenhos de animais e plantas (BALDASSO, 2007; LOCY, 1921). Muitos artistas do final do século XV e início do século XVI (como Albrecht Dürer, por exemplo) produziram representações detalhadas e fiéis de animais e plantas, a partir da observação. A obra anatômica de Andreas Vesalius (1514-1564) é um exemplo marcante do grau de perfeição atingido pelas gravuras desse período (CHOULANT, 1920).

As pinturas podiam representar não apenas a forma dos seres vivos mas também suas cores. Inicialmente, a impressão de imagens só podia reproduzir traços e áreas chapadas (de uma única cor). Em muitos livros ilustrados antigos, as figuras eram impressas com tinta preta, mas eram depois coloridas manualmente com aquarela, por artesãos.

5.4. Século XVII

Talvez o maior avanço técnico dos estudos biológicos, em todos os tempos, tenha sido a invenção do microscópio, no final do século XVI. Trata-se de um instrumento que resultou do uso e aperfeiçoamento das lentes e dos óculos, como veremos mais adiante. Era utilizado principalmente por simples curiosidade, para ver os objetos ampliados, mas durante o século XVII passou a ser importante para o estudo da fisiologia e de seres vivos microscópicos. A obra *Micrographia* de Robert Hooke, publicada em 1665, mostrou a importância do microscópio no estudo dos animais e plantas, e pouco depois Antony van Leeuwenhoek descreveu muitas bactérias e infusórios e Jan Swammerdam fez estudos detalhados sobre insetos, desenvolvendo novas técnicas de dissecação microscópica, fazendo também uso de corantes.

Foi graças ao desenvolvimento de microscópios que se tornou possível conhecer os animais e vegetais microscópicos, os espermatozóides e assim por diante. É curioso que muitas das observações microscópicas mais importantes desse período foram feitas com microscópios muito simples, constituídos por uma única pequena esfera de vidro (como no caso de Leeuwenhoek). Em princípio, tal tipo de microscópio poderia ter sido construído e utilizado desde a Antiguidade.

Nem sempre os avanços do conhecimento biológico dependeram do desenvolvimento de novos artefatos e técnicas específicas. Considera-se que a descoberta da circulação do sangue por William Harvey (1578-1657) foi um marco da fisiologia. Ele não utilizou microscópios nem qualquer novo instrumento. Harvey baseou suas conclusões em um estudo anatômico do sistema circulatório (baseando-se em estudos

anteriores, como os de Hieronymus Fabricius) e em experimentos feitos com animais vivos (vivisseção). Nenhuma das técnicas que utilizou era nova, mas ele foi capaz de chegar a importantes conclusões pelo uso cuidadoso de uma combinação de raciocínios e observações que caracteriza o método científico experimental. Esse método é caracterizado principalmente pela formulação de hipóteses ou conjeturas, e pela consulta à natureza (por meio de observações e experimentos) para procurar confirmar ou rejeitar essas ideias. Trata-se de uma atitude mais ativa do que a tradição puramente observacional e descritiva, que predominou na história natural até essa época.

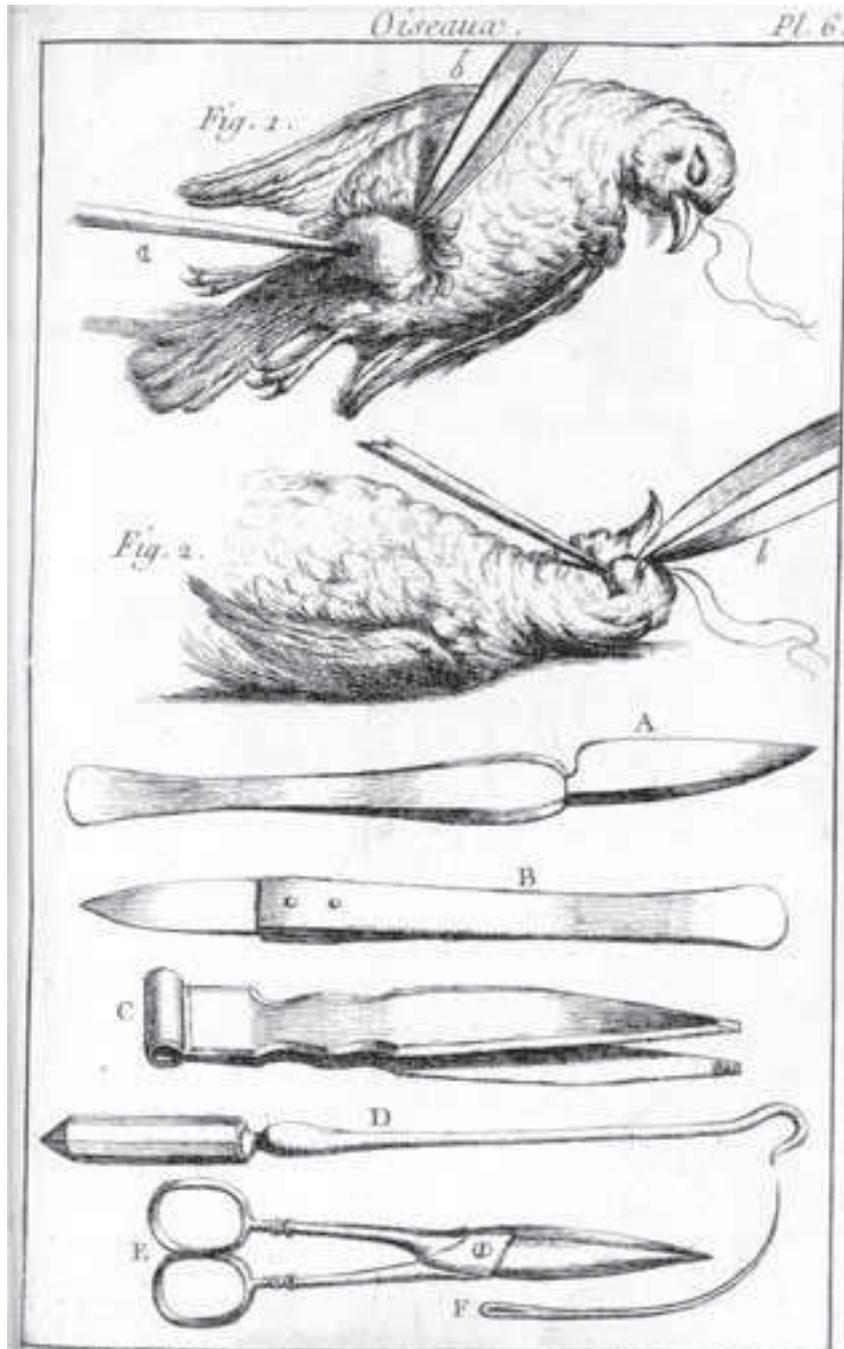
5.5. Século XVIII

Não foi apenas no caso dos estudos biológicos que isso aconteceu. O século XVII pode ser caracterizado como um período no qual o método experimental se desenvolveu muito, em todas as áreas de estudo sobre a natureza, incluindo a Física e a Química. Isso não significa que não houvesse experimentação antes – pois certamente havia experimentos com seres vivos, desde a Antiguidade. No entanto, pode-se afirmar que o interesse e o uso efetivo dessa metodologia aumentam muito a partir do século XVII (OGILVIE, 1997). No século seguinte, Lazzaro Spallanzani (1729-1799) desenvolveu importantes estudos experimentais sobre geração espontânea, reprodução, respiração, digestão e outros assuntos, estabelecendo um importante exemplo do uso sistemático dessa metodologia nos estudos biológicos. Foi principalmente no campo da fisiologia (que procura compreender os processos vitais) que esse método se desenvolveu mais, nesse período (PRESTES, 2006a; PRESTES, 2006b; PRESTES, 2006c; PRESTES, 2007a; PRESTES, 2007b; PRESTES, 2008).

Durante o século XVIII surgem grandes obras sobre taxonomia (especialmente a de Carl von Linné) e sobre história natural (como a de Buffon). O grande volume de conhecimentos sobre os seres vivos começa a resultar em uma especialização, não apenas separando os zoólogos dos botânicos, mas também iniciando o surgimento de campos específicos, como a entomologia e a ictiologia. Há também um forte desenvolvimento da paleontologia, com a descoberta e descrição de grande número de espécimes fossilizados. Amadores e profissionais se dedicam intensamente à coleta e descrição de animais e plantas. Surgem nesse período alguns dos primeiros manuais de pesquisa sobre história natural, que descrevem as técnicas de coleta, preservação e descrição de seres vivos, como o livro *The naturalist's and traveller's companion* (1772) do médico inglês John Coakley Lettsom. Uma das técnicas que se torna comum nessa época é a de conservar pequenos animais em frascos com álcool (ver figura 8).

A Química teve um grande desenvolvimento no final do século XVIII, e o estudo das substâncias que constituem os seres vivos também passou a receber maior atenção. Ao mesmo

Figura 8 – Ilustração do manual de taxidermia de Turgot, mostrando instrumentos utilizados e parte do trabalho de preparação de uma ave.



Fonte: TURGOT, 1758, prancha 6.

tempo, algumas técnicas utilizadas tanto na química quanto na física da época (calorimetria e estudo de gases) passaram a ser utilizadas no estudo de animais e plantas, para o estudo de processos fisiológicos. Pode-se dizer que o esclarecimento do papel do oxigênio e do gás carbônico na respiração dos animais, bem como o conhecimento da produção de oxigênio pelas plantas sob ação da luz solar, nas últimas décadas do século XVIII, marca o início da Química Biológica propriamente dita. O uso de técnicas químicas para o estudo dos seres vivos foi adquirindo importância ao longo do século XIX, levando à criação da Bioquímica.

5.6. Século XIX

O século XIX trouxe grandes avanços para a Biologia, como o desenvolvimento da Biogeografia, da Citologia, da Histologia, da Teoria da Evolução, da Embriologia, da Ecologia, do Estudo da Hereditariedade (que ainda não se chamava Genética) e vários outros campos. Na maioria desses novos campos, as técnicas e os instrumentos utilizados já existiam anteriormente, mudando no entanto o objeto de estudo ou o enfoque teórico utilizado. No caso da Citologia e da Histologia, foi essencial o uso de microscópios cada vez mais aperfeiçoados, eliminando-se a aberração cromática; e pelo uso de maiores ampliações, de corantes, de micrótomos, por exemplo. Os microscópios ópticos construídos no final do século XIX já eram equivalentes aos melhores que existem hoje em dia.

A utilização de métodos estatísticos começou a se tornar importante na Biologia durante esse século. Francis Galton fez estudos estatísticos sobre hereditariedade, e por sua influência outros pesquisadores (como Walter Weldon e Karl Pearson) desenvolveram novas técnicas estatísticas que são utilizadas até hoje. Pode-se dizer que esses foram os pesquisadores que introduziram de fato o uso da matemática na Biologia, embora tenham existido usos esporádicos anteriores, como os de Gregor Mendel.

As técnicas gráficas atingiram, no século XIX, alto grau de aperfeiçoamento, permitindo a reprodução de imagens coloridas, por litografia (DOLAN, 1998). A invenção da fotografia em torno de 1830, e seu aperfeiçoamento nas décadas seguintes, logo levou ao registro de imagens de animais e plantas. No final do século, já existia a técnica de fotografia colorida. No entanto, os desenhos e as pinturas continuavam a exibir maior quantidade de detalhes do que as fotografias. A fotografia microscópica foi desenvolvida no final do século XIX (BREIDBACH, 2002), mas também não substituiu os desenhos feitos pelos microscopistas. Ainda no mesmo período, tornou-se possível filmar movimentos, e essa técnica foi aplicada ao estudo dos movimentos de animais e até mesmo à filmagem microscópica (LANDECKER, 2006). Também nos últimos anos do século XIX, ocorreu a descoberta dos raios X, que foram imediatamente utilizados não apenas para fazer radiografias médicas, mas também para radiografar animais. Os primeiros fonógrafos foram inventados na mesma época, permitindo o registro de sons.

A fotografia, a filmagem e o registro de sons foram utilizados especialmente para o estudo do comportamento animal, seja em condições naturais, seja em laboratório. Nenhuma dessas técnicas produziu, no entanto, um impacto imediato significativo na pesquisa biológica.

5.7. Século XX

Durante o século XX temos, por um lado, o estudo cada vez mais microscópico dos seres vivos, com o desenvolvimento de uma citologia mais profunda, com o desenvolvimento da teoria cromossômica da hereditariedade, com o estudo do DNA e do código genético, com a pesquisa sobre a estrutura das proteínas e outros compostos orgânicos, levando ao surgimento da Biologia Molecular e, depois, da Engenharia Genética e da Genômica. Muitas técnicas e instrumentos importantes foram essenciais para esse desenvolvimento: por um lado, os microscópios eletrônicos e as técnicas de cristalografia com raios X, que permitiram a análise de estruturas impossíveis de estudar no século XIX; por outro lado, o próprio desenvolvimento da Química, com instrumentos como os modernos espectrômetros, a cromatografia e a eletroforese.

O uso de materiais radioativos e de técnicas nucleares permitiram a datação de rochas e de fósseis, assim como a de espécimes animais e vegetais recentes (pela técnica do Carbono 14). Na investigação microscópica, o uso de marcadores radioativos também teve grande importância para esclarecer alguns aspectos do comportamento dos cromossomos, por exemplo.

Houve também, no século XX, um forte desenvolvimento do estudo da Biologia em grande escala, com grande desenvolvimento da Ecologia, da Genética de Populações e da Biogeografia. Nessas áreas, além do uso de técnicas estatísticas, foi importante a introdução de métodos computacionais para simulação de situações complexas. O uso de satélites permitiu a análise de distribuição de vegetais em grande escala, pelo globo terrestre; e o uso de novos instrumentos de locomoção, como submarinos e helicópteros, permitiu o estudo de seres vivos em lugares de difícil acesso.

Em algumas áreas de estudo, como a pesquisa do sistema nervoso, foi essencial a combinação de técnicas microscópicas, químicas e físicas. Mais recentemente, a introdução de aparelhos sofisticados como os de ressonância magnética tem auxiliado no esclarecimento do funcionamento do cérebro no homem e nos animais.

6. Algumas técnicas e instrumentos

A seção anterior apresentou um panorama histórico geral do uso de técnicas e instrumentos no estudo biológico. É evidente que a situação vai-se tornando cada vez

mais complexa, com o passar do tempo. Na atividade educacional, os estudantes devem adquirir alguma familiaridade tanto com o papel geral das técnicas e instrumentos na Biologia, como também compreender mais detalhadamente alguns exemplos.

O professor de Biologia pode introduzir em suas aulas algumas atividades que levem seus estudantes a refletir sobre certas técnicas e instrumentos. Para fins educativos, é importante que esses exemplos tratem de aspectos facilmente compreensíveis e, ao mesmo tempo, relevantes sob o ponto de vista de sua importância na pesquisa e no ensino de Biologia. Optamos por abordar aqui quatro tópicos: técnicas de desenho de animais e plantas; preservação de espécimes botânicos e zoológicos; e microscopia.

6.1. Preservação de espécimes

Os seres vivos são o objeto de estudo da Biologia. Mas esses seres vivos podem ser estudados no local onde vivem, ou em locais para onde são transportados, vivos ou mortos.

Quando plantas e animais são transportados e mantidos vivos para estudo, são utilizados jardins botânicos ou hortos de plantas, jardins zoológicos ou biotérios. Atualmente, pode-se dizer que os jardins botânicos e zoológicos são utilizados quase exclusivamente para o público e que os pesquisadores utilizam locais sem acesso público, mantidos pelas universidades e pelos centros de pesquisa, como os hortos botânicos e biotérios. Seres vivos muito pequenos (como algas, bactérias, insetos, entre outros) costumam ser mantidos vivos dentro dos próprios laboratórios de pesquisa.

Animais e plantas mortos (ou suas partes) podem também ser objeto de estudo biológico, e geralmente são conservados em museus de história natural e herbários. As suas técnicas de conservação possuem uma longa história (FARBER, 1977; PRINCE, 2003; ARBER, 1912; GANNAL, 1840).

Pode-se iniciar uma atividade com os estudantes mostrando um conjunto de imagens de plantas vivas (e, se possível, vivas ou colhidas recentemente), de algumas de suas partes (frutos, flores, sementes) e de espécimes secos – e, se possível, de exemplos de plantas conservadas em herbários reais – bem como imagens didáticas dessas mesmas plantas, para estimular a reflexão sobre o modo de preservá-las em herbários, bem como sobre o que pode ser conservado e o que não pode (ver Figura 9). O mesmo pode ser feito com relação a animais, porém vamos utilizar aqui apenas o exemplo de vegetais.

O professor deve dar algumas informações iniciais a respeito do procedimento utilizado na formação de herbários, indicando como as plantas são colhidas e secas, sobre a importância de anotar junto à planta o local e a data onde foi colhida, bem como sobre outras informações que costumam ser registradas. Deve também comentar sobre os problemas de conservação das plantas secas – a possibilidade de serem destruídas por

insetos ou fungos – e algumas medidas tomadas para impedir que isso aconteça – como o uso de substâncias químicas para impedir a ação dos insetos, e a conservação dos herbários em ambiente com temperatura e umidade controladas – e a importância de desinfestações periódicas. Deve-se também mencionar que o próprio contato com o ar e com a luz vão alterando as características das plantas, como sua cor.

Figura 9 – Exemplar de *Nepenthes mirabilis* do herbário do *Museum National d’Histoire Naturelle* em Paris. Observe o modo de prender a planta ao cartão, e as anotações.



Fonte: Wikipedia

A partir da comparação entre as plantas vivas (ou recentes) e as conservadas em herbários, o professor pode estimular seus estudantes a fazerem comparações e a indicarem aspectos que tornam a planta conservada mais útil ou menos útil para o conhecimento biológico daquela espécie. Alguns pontos relevantes são:

- Quais as partes da planta que foram conservadas no herbário, nos casos estudados? Existem partes que não estão presentes (raízes, flores, frutos)? Quais as vantagens e desvantagens de conservar todas as partes da planta?

EDUCAÇÃO PARA A CIÊNCIA

- Foi conservada apenas uma amostra de cada parte da planta, ou várias amostras diferentes (por exemplo, várias flores e várias sementes)? Quais as vantagens e desvantagens de conservar várias amostras?
- Quais as informações que foram anotadas junto à planta coletada para o herbário? Há indicação sobre local geográfico exato, ambiente, data e horário da coleta? Há anotações sobre tamanho da planta, peso, sobre cores de suas partes? Há informação sobre quem coletou a planta? Qual a importância dessas informações?
- Na preparação das plantas de um herbário, elas são secas, prensadas, presas a uma cartolina e tratadas com substâncias químicas para preservação. Que aspectos da planta são preservados, e quais são perdidos nesse processo? Por exemplo: tamanho, forma das folhas e das flores, cor, aroma, sabor dos frutos, constituição química e genética da planta, por exemplo.
- Normalmente as cores das folhas, flores e outros elementos de uma planta vão-se perdendo, com o tempo, por causa de reações químicas com o ar, efeitos da luz ambiente etc. Há técnicas especiais que impedem ou retardam essa perda de cor, como por exemplo a que é usada na arte japonesa das flores prensadas (Oshibana). Seria possível também congelar as plantas e conservá-las a baixa temperatura, no escuro, para preservação de suas características. Quais seriam as vantagens e desvantagens desses procedimentos?
- É impossível guardar em uma prancha de um herbário tradicional uma árvore inteira ou uma parte significativa do seu tronco, ou mesmo um arbusto inteiro, ou plantas com partes grossas e cheias de líquido (como muitos tipos de cactos), ou grandes frutos (pense em uma melancia ou abacaxi) etc. Como é possível conservar coisas desses tipos? (em alguns casos, os frutos, flores e partes das plantas são conservados em álcool ou formol).
- Quais as informações sobre essa planta as quais são mantidas quando ela é coletada e guardada em um herbário, e quais as informações que são perdidas? (por exemplo, suas propriedades sensoriais quando viva, seu *habitat*, relações com outros seres vivos (como os insetos que vivem nessa planta), tempo necessário para o seu crescimento e assim por diante).
- Que aspectos de uma planta podem ser estudados a partir de um espécime conservado em um herbário, e que aspectos não podem ser estudados a partir dele?
- Que tipo de instrumentos e que tipo de treino uma pessoa precisa ter para preservar plantas em um herbário?

Essas e outras perguntas podem orientar uma reflexão a respeito das técnicas de conservação de plantas em herbários, e pode-se fazer algo semelhante com relação a

animais. O professor pode também estimular os estudantes a fazer coletas de plantas e formação de herbários, ou coleções de insetos.

É importante chamar a atenção dos estudantes para a relação entre as técnicas utilizadas e seu objetivo ou uso. Os herbários podem ser utilizados para classificação de plantas, e há partes dos vegetais que são mais importantes do que outras, para sua classificação. Assim, há aspectos que são essenciais preservar, e outros que podem ser perdidos na conservação do espécime, sem prejudicar tal uso. Além disso, os herbários podem ser utilizados para o estudo da distribuição geográfica das espécies, e nesse caso é essencial fazer uma descrição do local exato onde a planta foi colhida; mas se não houver esse objetivo, a ausência de tal informação não é um problema grave. Para estudar a variabilidade de uma espécie, é necessário, obviamente, dispor de muitas amostras da mesma planta. Mas para outras finalidades, um único exemplar pode ser suficiente.

6.2. Técnicas de desenho

Não vamos aqui tentar descrever como se faz um bom desenho de um animal ou planta. Há manuais detalhados sobre desenho e pintura que mostram como isso pode ser aprendido. Interessa-nos chamar a atenção dos alunos para alguns aspectos da representação iconográfica e utilizar esse exemplo para transmitir alguns conceitos gerais a respeito de técnicas de estudo da Biologia.⁴

Pode-se iniciar uma atividade com os estudantes mostrando um conjunto de imagens bem distintas de um mesmo ser vivo. É interessante incluir imagens estereotipadas (como as utilizadas em histórias infantis), desenhos feitos por crianças, desenhos históricos antigos (como os dos herbários e bestiários medievais), desenhos e pinturas do período renascentista ou moderno, e também fotografias (ver Figuras 10 e 11). É importante incluir tanto pinturas feitas sem intuito didático ou científico quanto ilustrações de livros científicos – algumas das quais são esquemáticas, não procurando de modo nenhum apresentar a aparência real daquela planta ou animal. Deve-se também notar que foi desenvolvida uma verdadeira arte de representação de animais e plantas, como se pode notar na obra de naturalistas como Maria Sibylla Merian (1647-1717), que publicaram obras ilustradas com figuras coloridas em aquarela (ver Figura 12).

A partir da comparação entre as várias representações iconográficas, o professor pode estimular os estudantes a fazerem comparações e a indicarem aspectos que tornam a imagem mais útil ou menos útil para o conhecimento biológico daquele animal ou planta. Alguns pontos relevantes são:

⁴ Há várias obras historiográficas importantes sobre o uso de ilustrações na Biologia, em vários períodos (BALDASSO, 2006; 2007; NICKELSEN, 2006; SMITH, 2006).

Figura 10 – Fotografias das flores e frutos de *Alyssoides utriculata*.



- Qual a técnica utilizada na representação desse ser vivo? Por exemplo: desenho em traço, desenho com sombreado, pintura, gravura, fotografia etc.
- Até que ponto a imagem representa a realidade, ou a deforma?
- A imagem apresenta um grande número de detalhes nítidos, que permitem a identificação e a descrição das características biológicas externas daquele ser vivo?
- A imagem é realística, passando a ideia de estrutura tridimensional, de movimento (no caso de animais), de cor e textura da sua aparência externa?
- A imagem é esquemática, procurando apresentar de forma clara, mas não realística algumas das características biológicas do objeto representado?
- Além da aparência externa, a imagem apresenta outras informações biológicas relevantes sobre esse ser vivo?
- A imagem representa o ser vivo no seu contexto natural, ou isoladamente (ou em uma situação artificial ou irreal)?
- A imagem apresenta um único espécime desse ser vivo, ou vários deles?
- Que aspectos de um ser vivo podem ser estudados a partir de uma imagem como as que estão sendo analisadas, e que aspectos não podem ser estudados a partir delas?
- É possível perceber na imagem a intervenção intencional do artista, enfatizando ou exagerando algum aspecto do objeto representado, ou mostrando uma emoção do animal, ou uma utilidade do animal ou vegetal para o ser humano?
- Comparando as várias imagens, quais parecem ser os aspectos positivos e negativos de cada uma delas, sob o ponto de vista da transmissão de conhecimentos biológicos?
- Que tipo de instrumentos e que tipo de treino uma pessoa precisa ter para produzir imagens como essas?
- Uma fotografia é sempre mais nítida e mais informativa do que um desenho do mesmo ser vivo?

Figura 11 – *Verbascum nigrum*, desenho de Isaac Russell, publicado em 1835.

Figura 12 – A naturalista Maria Sibylla Merian (1647-1717) desenhou e publicou um grande número de excelentes ilustrações zoológicas e botânicas. Esta figura, de 1705, mostra as fases de vida de um bicho-da-seda.



Essas e outras perguntas podem guiar uma atividade didática muito interessante de análise de imagens de plantas e animais. O professor pode também estimular os estudantes a tentarem fazer suas próprias representações dos mesmos seres vivos, comparando suas próprias produções aos exemplos estudados.

Pode-se também chamar a atenção dos estudantes para as diversas técnicas de produção e reprodução de imagens, suas vantagens e limitações (PYLE, 2000; OTTLEY, 1816). Por exemplo: quais as características de um animal ou vegetal que podem (ou não podem) ser transmitidas adequadamente por desenhos feitos com traços (lápis preto ou caneta, por exemplo) e gravuras em preto e branco (sem meio-tom), como as xilogravuras e gravuras em metal? E com desenhos utilizando sombreados? E com outras técnicas, como o uso de aquarelas ou tinta a óleo? E como esses tipos de imagens são reproduzidos, graficamente? O professor pode dar explicações sobre essas técnicas, ou pode estimular os estudantes a procurarem informações sobre elas.

É importante chamar a atenção dos estudantes para a relação entre observação e desenho. Ao tentar desenhar um ser vivo, a pessoa é obrigada a prestar atenção a muitos aspectos que não chamariam sua atenção normalmente. Sem uma boa observação não é possível fazer um bom desenho, e sem se tentar fazer um desenho, não se consegue, geralmente, fazer uma boa observação. Além disso, a produção de um desenho ou pintura

envolve técnicas especiais de trabalho, como a de fazer um esquema inicial das partes do animal utilizando formas geométricas simples, estabelecendo a forma geral e as proporções entre as partes, para depois transformar esse esquema em uma representação mais adequada, recobrando-o com sucessivas camadas de desenho ou pintura mais e mais detalhadas. Os estudantes devem também perceber que a quantidade de informações contidas em uma imagem é enorme, e que muitas dessas informações são difíceis de serem transmitidas através de palavras (BEN-ARI, 1999).

6.3. Microscopia

A descrição dos microscópios ópticos e seu uso no laboratório didático de Biologia são bastante comuns. Não é necessário repetir aqui essas informações, que podem ser encontradas facilmente em livros-texto. Também não vamos reproduzir aqui experimentos comuns, como as observações de cortes de cebolas, ou de células retiradas da boca de uma pessoa com auxílio de um cotonete. Vamos complementar essas informações de fácil acesso com algumas indicações sobre a história desse instrumento, e sobre alguns aspectos de seu uso que são pouco explorados na prática educacional. É interessante analisar os primeiros estudos microscópicos de seres vivos, já que estes foram feitos com instrumentos muitos simples, cujo poder de ampliação (30 a 100 vezes) era inferior ao da maioria dos microscópios didáticos e dos que são vendidos como brinquedos, no comércio.

Na Antiguidade já se conheciam lentes e esferas de cristal, capazes de ampliar objetos (e de concentrar a luz do Sol, produzindo combustão), mas não se sabe se eram utilizadas no estudo dos seres vivos. Segundo o romano Lucius Annaeus Seneca (aprox. 4 a.C.-65 d.C.) as pessoas com “vista cansada” (presbiopia ou hipermetropia) as utilizavam em sua época, para ler. O pensador árabe Abu ‘Ali al-Hasan ibn al-Hasan ibn al-Haythan (aprox. 965-1039), conhecido no ocidente como Alhazen, descreveu em 1021, em uma de suas obras, uma lente de aumento (convexa). Na Europa, atribui-se ao frade Roger Bacon (aprox. 1214-1294) a primeira descrição sobre as propriedades das lentes de aumento. No entanto, não são conhecidas observações biológicas realizadas com esses dispositivos, no período medieval.

A partir do século XIII, as técnicas de fabricação de vidro e de seu polimento já haviam evoluído bastante e o uso de óculos para melhorar a visão de pessoas com “vista cansada” (presbiopia) começou a se tornar comum. Acredita-se que os primeiros óculos com duas lentes e uma armação para prendê-las no nariz foram produzidos na Itália, em torno de 1280. Gradualmente a fabricação de lentes prosperou, e no século XV foram construídos os primeiros óculos com lentes divergentes, para corrigir miopia, atribuindo-se sua invenção a Nicolau de Cusa (1401-1464).

O microscópio composto parece ter sido inventado em torno de 1595 pelo fabricante de lentes holandês Zacharias Janssen (1580-1638) e seu pai Hans Janssen.

O instrumento tinha dois tubos encaixados um no outro (como as lunetas utilizadas pelos antigos pilotos de navios), com lentes nas extremidades, de tal modo que a distância entre as lentes podia ser ajustada. Produzia um aumento de no máximo 10 vezes. Na década de 1610, outras pessoas construíram microscópios compostos, como Galileo Galilei e Cornelius Drebbel (BRADBURY, 1967).

Os mais antigos desenhos biológicos feitos com o auxílio de um microscópio que conhecemos foram incluídos por Federico Angelo Cesi (1585-1630) e Francesco Stelluti (1577-1651) em 1625, no seu trabalho sobre abelhas, chamado *Apiarum*. Houve outras obras publicadas nas décadas seguintes apresentando desenhos de insetos feitos com o auxílio do microscópio⁵, mas foi apenas em 1665, com a publicação da *Micrographia* de Robert Hooke (1638-1703) que surgiram os primeiros exemplos significativos de avanços biológicos obtidos por meio desse instrumento⁶. Note-se que, no caso do telescópio, houve importantes descobertas astronômicas poucos anos depois de sua invenção; no caso do microscópio, passaram-se décadas antes de surgirem resultados biológicos relevantes.

Robert Hooke utilizou um microscópio composto aperfeiçoado, com três lentes e com um dispositivo de parafuso para focalização. Provavelmente esse instrumento ampliava cerca de 30 vezes. Utilizou também microscópios de uma única lente, que permitiam aumentos de até 100 vezes. As imagens dos objetos não eram muito nítidas, e o campo de visão era limitado (não era possível observar todas as partes de um inseto ao mesmo tempo). Apesar dessas limitações, Hooke fez um excelente uso da microscopia, descrevendo e publicando excelentes ilustrações de detalhes botânicos e zoológicos que nunca tinham sido observados antes. Alguns dos desenhos mais famosos da *Micrographia* são os de uma pulga, de um piolho, do olho composto de uma mosca, do ferrão de uma abelha, da estrutura porosa da cortiça, e de detalhes de folhas e sementes⁷.

É importante notar que o trabalho de Hooke não foi simplesmente um conjunto de observações ao acaso. Ele era um pesquisador experiente, tendo trabalhado com o químico Robert Boyle durante muitos anos. Sabia fazer perguntas e respondê-las por meio da experimentação, e foi essa técnica experimental que ele trouxe para o estudo microscópico dos seres vivos. Vejamos um exemplo: seu estudo a respeito da folha das urtigas (ver Figura 13).

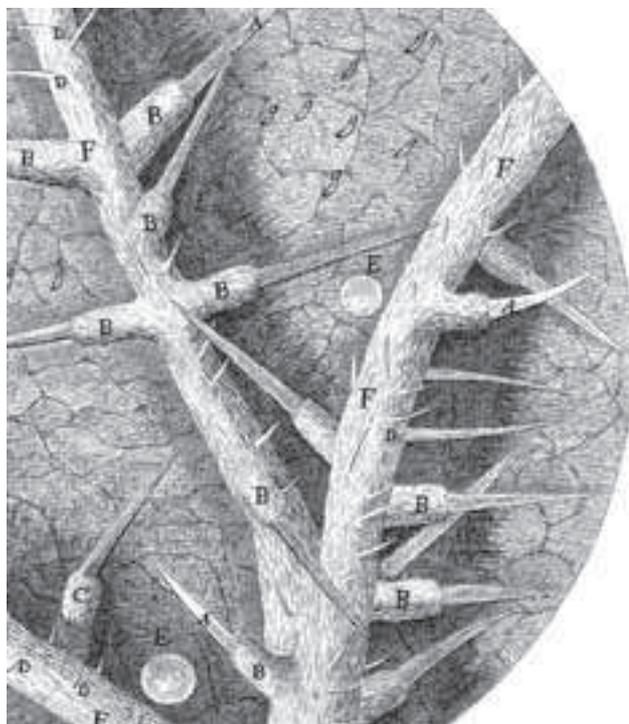
⁵ Ver a tese de Janice Neri (2003) sobre este assunto.

⁶ O livro de Catherine Wilson (1995) apresenta uma boa visão sobre a invenção do microscópio e os primeiros microscopistas.

⁷ Esta obra completa de Hooke, com suas ilustrações em alta definição, pode ser consultada no site do Projeto Gutenberg: <<http://www.gutenberg.org/files/15491/15491-h/15491-h.htm>>. Há também uma versão digitalizada do livro neste endereço:

<<http://digicoll.library.wisc.edu/cgi-bin/HistSciTech/HistSciTech-idx?type=headerid=HistSciTech.HookeMicroeize=M>>.

Figura 13 – Detalhe de desenho de Robert Hooke da folha de urtiga.



Fonte: HOOKE, 1665, prancha XV

Observação XXV. Das pontas picantes e sumo de urtigas, e algumas outras plantas venenosas.

A urtiga é uma planta tão bem conhecida de todos, quanto à sua aparência a olho nu, que não precisa ser descrita; e há muitos poucos que não a sentiram, além de vê-la; e, portanto, não será uma novidade dizer que um toque suave e leve da pele por uma urtiga, em geral não apenas produz uma dor aguda e muito sensível, muito semelhante à de uma queimadura ou escaldão, mas também muitas vezes inchaços muito irritados e duros e inflamações das partes que incham e continuam inchadas por várias horas. Digo que essas observações são bastante comuns; mas, que eu saiba, ninguém explicou como a dor é produzida de modo tão repentino, e de que modo continua, aumenta durante um tempo e depois diminui, e por fim se extingue.

E aqui devemos recorrer ao nosso microscópio, e ele nos mostrará, ao olharmos quase qualquer parte da planta, que toda a sua superfície está densamente preenchida por picos ou agulhas afiadas, com a forma das que estão representadas na primeira figura do Esquema 15 por AB, que são também visíveis ao olho nu; cada uma das quais consiste em duas partes de formas muito distintas, e que também diferem em qualidade uma da outra. Pois a parte A tem uma forma semelhante a de um furador arredondado, afinando-se a partir de B até terminar em uma ponta muito aguda; é de uma substância muito dura e firme, muito transparente e clara, sendo oca da ponta até a base, como descobri seguramente por muitos testes.

Descobri isso por este experimento. Eu tinha um microscópio muito adequado com um único vidro [lente] com cerca de meia polegada, que preendi em uma pequena estrutura, semelhante a um par de óculos, que coloquei diante de meus olhos; e assim, segurando uma folha de urtiga a uma distância conveniente de meu olho, eu primeiramente percebi, empurrando várias dessas cerdas dentro de minha pele, que depois de havê-las empurrado eu senti o início da dor ardente; depois observei, em várias delas, que, ao empurrar meu dedo contra suas pontas, o furador (se posso chamá-lo assim) não se dobrou nem um pouco, mas eu consegui perceber certo líquido se movendo para cima e para baixo dentro dele, pois empurrando o furador contra sua base ou saco B, eu consegui perceber que subia até o topo, e ao tirar minha mão, pude ver que descia e se encolhia no saco; isso eu fiz várias vezes, e vi esse fenômeno tão claramente como se pode ver a água subir e descer em um tubo de vidro. Mas a base abaixo desses furadores, à qual eles estavam presos, era feita de uma substância mais maleável, e parecia quase como um pequeno saco verde de couro e se assemelhava bastante à forma e textura de um pepino selvagem, ou *Cucumeris asinini*, e eu pude perceber claramente que eram certos sacos, bexigas ou receptáculos cheios de água ou, suponho, do líquido venenoso da planta, e esses pequenos furadores não eram senão tubos de seringas, ou de clister, que entram primeiramente na pele, e depois servem para transmitir o suco venenoso, quando esses pequenos sacos são pressionados, para as partes internas e sensíveis da pele, e sendo assim descarregado, corrói ou queima, por assim dizer, a parte da pele que toca; e esta dor às vezes dura muito tempo, conforme a impressão seja mais profunda ou forte (HOOKE, 1665, p. 142-143).

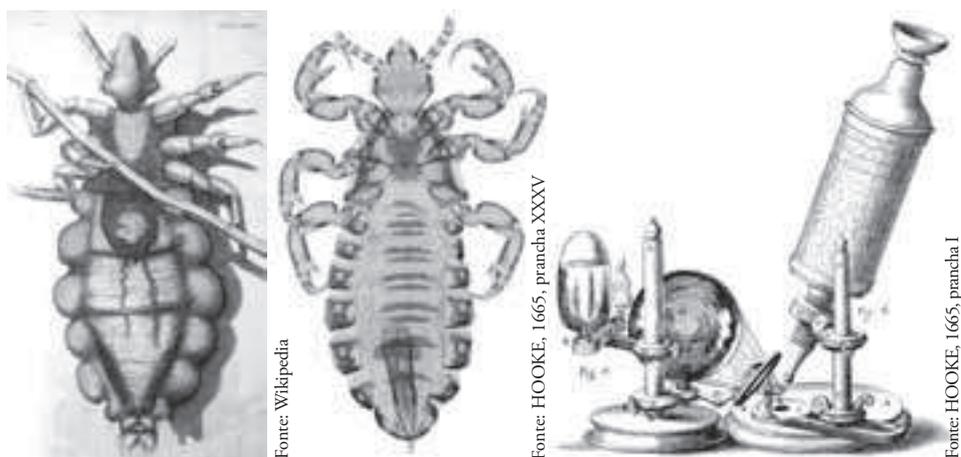
Hooke procurou utilizar o microscópio para responder a questões bem definidas, como estas: Qual a característica física que permite que as pulgas pulem tanto? Como funciona o ferrão de uma abelha? Como os insetos sugam o sangue das pessoas? Como uma mosca consegue andar sobre uma superfície lisa como o vidro e até ficar de cabeça para baixo? Em muitos casos, no entanto, seu objetivo era descrever aspectos microscópicos de animais e plantas, que nunca haviam sido descritos antes – por exemplo, a estrutura dos olhos das moscas e outros insetos.

Outros estudiosos da época também utilizaram a microscopia para esclarecer problemas biológicos importantes. O médico italiano Marcello Malpighi (1628-1694), por exemplo, utilizou o microscópio para esclarecer o processo de expansão e contração dos pulmões, tendo descoberto sua estrutura alveolar; descobriu os vasos capilares que conectam as artérias e as veias, completando assim uma lacuna do trabalho de William Harvey sobre a circulação sanguínea; e descreveu de forma minuciosa os primeiros estágios de desenvolvimento embriológico de um ovo de galinha. O holandês Jan Swammerdam (1637-1680) estudou muitos insetos, dissecando-os e observando seus órgãos internos ao microscópio. Descobriu, entre outras coisas, os ovários da abelha rainha (que, antes dele, era chamada de “rei” e considerada um macho) e os testículos dos zangões, além de perceber que as abelhas operárias não possuíam órgãos reprodutores.

Figura 14 – Desenho de um piolho, por Robert Hooke.

Figura 15 – Fotografia de um piolho, obtida ao microscópio óptico.

Figura 16 – Microscópio composto utilizado por Robert Hooke. O desenho mostra também os sistema de iluminação que era utilizado. A ampliação obtida com este instrumento era de aproximadamente 30 vezes.



Outros microscopistas do século XVII se tornaram mais conhecidos pelo grande volume de novas observações publicadas do que pela compreensão de fenômenos biológicos. Anton von Leeuwenhoek (1632–1723), por exemplo, construiu e utilizou microscópios com uma única lente muito pequena, com os quais descobriu bactérias e protozoários, tendo também descrito pela primeira vez os espermatozoides (RUESTOW, 1983; FORD, 1981; LEEUWENHOEK, 1800-1807).

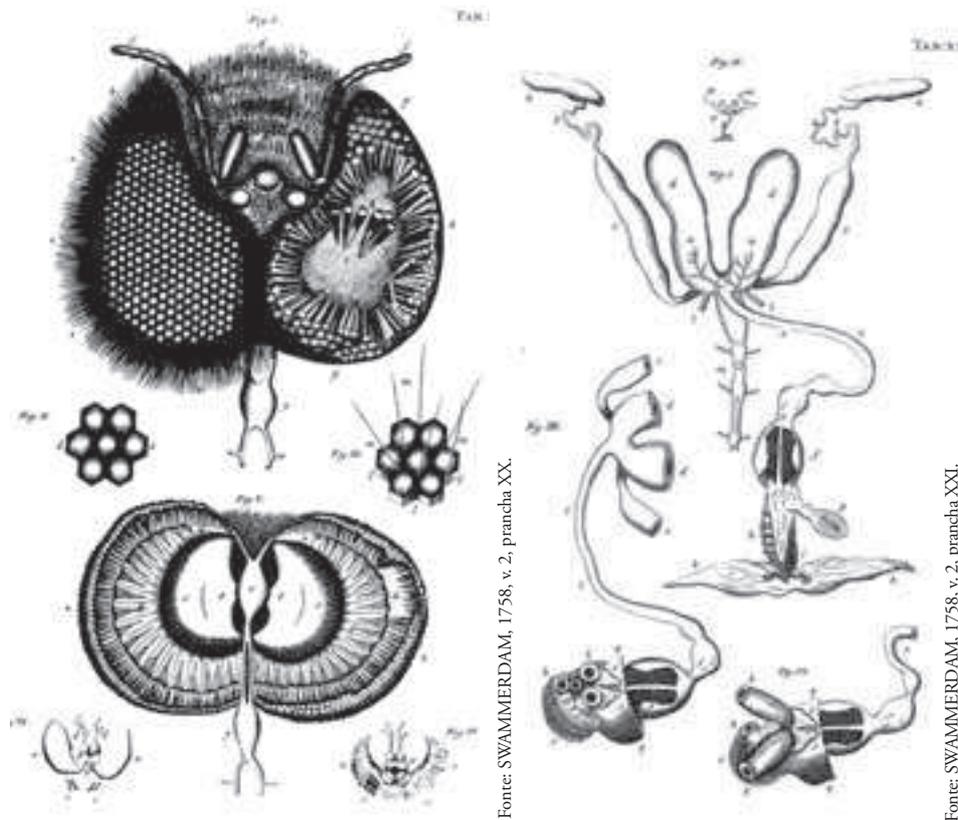
É importante notar que as impressionantes ilustrações de insetos publicadas por Hooke, Swammerdam e outros pesquisadores do século XVII eram feitas parte por parte, já que era impossível ver nitidamente o inseto inteiro de uma só vez. Os desenhos de um piolho e de uma pulga publicados na *Micrographia*, por exemplo, são mais detalhados e nítidos do que as melhores fotografias microscópicas da atualidade (ver Figuras 14, 15 e 16).

Deve-se também perceber que os desenhos de Swammerdam que representam os órgãos internos de insetos exigiram não apenas o uso de microscópios e de técnicas de desenho, mas também o uso de instrumentos especiais para cortar e separar as partes desses animais, bem como técnicas para limpar e preparar os órgãos para exame e descrição (ver Figuras 17 e 18). Ele utilizava tesouras muito pequenas, agulhas, pinças, um canivete com ponta muito aguda, pequenos tubos de vidro, e até mesmo uma pequena serra feita com um pedaço de mola de relógio. Ele empregava vários líquidos

para limpar os órgãos estudados e dissolver as substâncias que atrapalhavam a observação, e soprava sobre o inseto cortado através de tubos de vidro muito finos, para remover partes indesejáveis e para inflar tubos e órgãos (SWAMMERDAM, 1685; SWAMMERDAM, 1758; COBB, 2000; COBB, 2002a; COBB, 2002b).

Figura 17 – Desenho de dissecação anatômica de um olho de abelha, por Swammerdam.

Figura 18 – Desenho de Swammerdam do aparelho genital masculino de abelha (zangão).



Ao analisar os órgãos internos de um inseto, o pesquisador não está simplesmente descrevendo aquilo que vê; ele está, em certo sentido, produzindo aquilo que observa, por meio de uma técnica anatômica bastante complexa. A preparação inadequada do inseto levaria a erros graves na compreensão de seus órgãos. Pode-se dizer que o mesmo acontece também nos estudos anatômicos macroscópicos.

O estudo das primeiras investigações biológicas microscópicas, como as indicadas aqui, pode ser de grande utilidade pedagógica. O professor pode estimular os estudantes a comparar desenhos e descrições de vários autores antigos a respeito de investigações

microscópicas e também compará-los a imagens recentes de livros didáticos. Os estudantes devem perceber que a observação é geralmente direcionada por interesses especiais, por hipóteses e conjeturas, não sendo uma simples descrição de tudo o que surge à frente do pesquisador. Devem perceber que aquilo que se desenha e descreve não é simplesmente aquilo que está diante dos olhos do pesquisador, mas que a própria visão do objeto, ao microscópio, não é muito nítida e evidente, e que há um processo complexo de observação e tentativa de compreensão do que é observado. Os estudantes devem também perceber que há técnicas complexas de preparação e observação dos objetos microscópicos estudados, e que vários desses estudos antigos eram experimentos complexos, e não mera observação passiva.

7. Considerações finais

O ensino da Biologia, como o de outras ciências, dedica-se principalmente à transmissão dos conhecimentos atualmente aceitos, dando pouca ênfase aos próprios procedimentos de construção da ciência. Introduzir na prática educacional a reflexão sobre os instrumentos e técnicas utilizados na pesquisa biológica é um dos modos de se introduzir uma visão mais adequada sobre a natureza do conhecimento científico.

No caso do ensino médio, é importante trabalhar com aspectos que possam ser bem compreendidos, evitando criar barreiras como as que permeiam a visão popular sobre a ciência e que consideram que os aparelhos complicados são a chave para se chegar ao conhecimento. É preciso dar o devido valor aos instrumentos de pesquisa, mas mostrando também que o mais importante é a pessoa que utiliza esses instrumentos, pois é ela quem deve conhecer as técnicas de trabalho, e quem vai direcionar o estudo.

Trabalhar com alguns exemplos históricos antigos, como foi mostrado neste capítulo, pode ser uma boa estratégia para direcionar adequadamente a reflexão sobre instrumentos e técnicas de trabalho. Podem ser escolhidos exemplos simples, mas, ao mesmo tempo, instrutivos e significativos, capazes de motivar os estudantes e simultaneamente fazê-los perceber alguns dos princípios associados ao uso de instrumentos e técnicas na pesquisa biológica.

Agradecimentos

O autor agradece o apoio recebido da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) e do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), sem cujo auxílio teria sido impossível desenvolver esse trabalho.

Referências bibliográficas

- [ANÔNIMO]. *Manual of the practical naturalist; or directions for collecting, preparing and preserving subjects of natural history*. Boston, Lilly and Wait, 1831.
- ARBER, A. *Herbals: their origin and evolution. A chapter in the history of botany, 1470-1670*. Cambridge, Cambridge University Press, 1912.
- ARISTÓTELES. *Histoire des animaux d'Aristote*. Traduite en français et accompagnée de notes perpetuelles par J. Barthélemy Saint-Hilaire. Paris, Librairie Hachette et Cie., 1883, 3 vols.
- . *History of animals*. Trad. D'Arcy Wentworth Thompson. In: Ed. W. D. Ross. *The works of Aristotle*. Chicago, Encyclopaedia Britannica, 1952, p. 7-160.
- . *Histoire des animaux*. Trad. Pierre Louis. Paris, Belles Lettres, 3 vols, 1964-1969.
- . *History of animals*. Trad. A. L. Peck. Cambridge, MA, Harvard University Press, 1965-1970, 2 vols.
- BALDASSO, R. *The role of visual representation in the scientific revolution: a historiographic inquiry*. Centaurus, 2006, v.48, p.69-88.
- . *Illustrating the book of nature in the Renaissance: drawing, painting, and printing geometric diagrams and scientific figures*. Tese de Doutorado em Artes e Ciências. Columbia University, UMI 3285042, 2007.
- BAXTER, W. *British phaenogamous botany*. Oxford, J. H. Parker, 1832-1843-6 vols.
- BEN-ARI, E. T. *Better than a thousand words*. BioScience, 1999, v. 49, n. 8, p. 602-8.
- BRADBURY, S. *The evolution of the microscope*. Oxford, Pergamon Press, 1967.
- BREIDBACH, O. Representation of the microcosm: the claim for objectivity in 19th century scientific microphotography. *Journal of the History of Biology*, 2002, v. 35, n. 2, p. 221-50.
- BROWN, T.. *The taxidermist's manual; or the art of collecting, preparing, and preserving objects of natural history. Designed for the use of travellers, conservators of museums, and private collectors*. Glasgow, A. Fullarton, 1840.
- CAPUS, G. *Guide du naturaliste préparateur et du voyageur scientifique; ou instructions pour la recherche, la préparation, le transport et la conservation des animaux, végétaux, minéraux, fossiles et organismes vivants, et pour les études histologiques et anthropologiques*. Paris, J.-B. Baillièere et fils, 1883.
- CHOULANT, L. *History and bibliography of anatomic illustration in its relation to anatomic science and the graphic arts*. Trad. Mortimer Frank. Chicago, University of Chicago, 1920.
- COBB, M. *Reading and writing The Book of Nature: Jan Swammerdam (1637-1680)*. Endeavour, 2000, v. 24, n. 3, p. 122-28.

- . Jan Swammerdam on social insects: a view from the seventeenth century. *Insectes Sociaux*, 2002a, v. 49, p. 92-7.
- . Malpighi, Swammerdam and the colourful silkworm: replication and visual representation in early modern science. *Annals of Science*, 2002b, v. 59, p. 111-47.
- COULTAS, H. *The home naturalist. With practical instructions for collecting, arranging, and preserving natural objects*. London, The Religious Tract Society, 1876.
- CUVIER, G. *Le règne animal distribué d'après son organisation. Pour servir de base à l'histoire naturelle des animaux et d'introduction à l'anatomie comparée. Nouvelle édition*. Paris, Déterville, 1829-1830, 5 vols.
- DOLAN, B. Pedagogy through print: James Sowerby, John Mawe and the problem of colour in early 19th century natural history illustration. *British Journal for the History of Science*, 1998, v. 31, n. 3, p. 275-304.
- FARBER, P. L. The development of taxidermy and the history of ornithology. *Isis*, 1977, v. 68, n. 4, p. 550-66.
- FORD, B. J. The van Leeuwenhoek specimens. *Notes and Records of the Royal Society of London*, 1981, v. 36, n. 1, p. 37-59.
- GANNAL, J. N. *History of embalming, and of preparations in anatomy, pathology, and natural history*. Trad. R. Harlan. Philadelphia, Judah Dobson, 1840.
- GESNER, C. *Historiae animalium liber II. De quadrupedibus oviparis*. Tiguri, C. Froschoverus, 1554.
- HOAGE, R. J.; DEISS, W. A. (eds.). *New world, new animals: from ménagerie to zoological park in the nineteenth century*. Baltimore, Johns Hopkins University Press, 1996.
- HOOKE, R. *Micrographia, or some physiological descriptions of minute bodies made by magnifying glass with observations and enquiries thereupon*. London, Martyn and Allestry, 1665.
- HUTCHINSON, G. E. Attitudes toward nature in Medieval England: the Alphonso and bird psalters. *Isis*, 1974, v. 65, n. 1, p. 5-37.
- KIRCHER, A. *Ars magna lucis et umbrae, in decem libros digesta*. Romae, Hermanni Scheus, 1646.
- LANDECKER, H. Microcinematography and the history of science and the film. *Isis*, 2006, v. 97, p. 121-32.
- LEEUWENHOEK, Antony van. *The select works of Antony van Leeuwenhoek, containing his microscopical discoveries in many of the works of nature*. Trad. Samuel Hoole. London, G. Sidney, 1800-1807, 2 vols. Disponível em <<http://www.archive.org>>. Acesso em: 10 ago. 2009.

- LETTSON, J. C. *The naturalist's and traveller's companion. Containing instructions for discovering and preserving objects of natural history.* London, George Pearch, 1772, 2 vols.
- LOCY, W. A. The earliest printed illustrations of natural history. *The Scientific Monthly*, 1921, v. 13, n. 3, p. 238-58.
- LONGRIGG, J. Anatomy in Alexandria in the third century B.C. *The British Journal for the History of Science*, 1988, v. 21, n. 4, p. 455-88.
- MARTINS, R. A. A teoria aristotélica da respiração. *Cadernos de História e Filosofia da Ciência [série 2]*, v. 2, n. 2, p. 165-212, 1990.
- MARTINS, R. A.; MARTINS, L. A. C. P. *Uma leitura biológica do De anima de Aristóteles. Filosofia e História da Biologia*, 2007, v. 2, p. 405-26.
- MAYNARD, C. J. *The naturalist's guide in collecting and preserving objects of natural history.* Boston, Cupples and Hurd, 1887.
- NERI, J. L. *Fantastic observations: images of insects in early modern Europe.* Tese de Doutorado em Estudos Visuais. Irvine, University of California, UMI 3078781, 2003.
- NICKELSEN, K. Draughtsmen, botanists and nature: constructing eighteenth-century botanical illustrations. *Studies in History and Philosophy of Science Part C: Studies in History and Philosophy of Biological and Biomedical Sciences*, 2006, v. 37, n. 1, p. 1-25.
- OGILVIE, B. W. *Observation and experience in early modern natural history.* Tese de Doutorado em História. Chicago, University of Chicago, UMI 9729856, 1997.
- OTTLEY, W. Y. *An inquiry into the origin and early history of engraving upon copper and in wood.* London, John and Arthur Arch, 1816, 2 vols.
- PERRAULT, C. *Description anatomique d'un caméléon, d'un castor, d'un dromadaire, d'un ours et d'une gazelle.* Paris, Frédéric Léonard, 1669.
- PRESTES, M. E. B. O espírito de observação nos estudos de Lazzaro Spallanzani. 2006a, p. 111-25. In: RUSSO, M.; CAPONI S.(orgs.). *Estudos de filosofia e história das ciências biomédicas.* São Paulo, Discurso, 2006 (a).
- . A observação e a experiência nas obras de história natural do século XVIII segundo Jean Senebier (1742-1809). *Filosofia e História da Biologia*, 2006b, v. 1, p. 191-214.
- . A arte de observar e fazer experiências. 2006c, p.227-51. In: ALFONSO-GOLDFARB, A. M. ; BELTRAN M. H. R. (orgs.). *O saber fazer e seus muitos saberes: experimentos, experiências e experimentações.* São Paulo, Educ, 2006 (c).
- . Methodological parameters of the research of Lazzaro Spallanzani. *Circumscribere (International Journal for the History of Science)*, 2007a, v. 2, p. 34-41.
- . Estudos de regeneração animal em Bonnet e Spallanzani. *Filosofia e História da Biologia*, 2007b, v. 2, p. 311-36.

EDUCAÇÃO PARA A CIÊNCIA

- PRESTES, M. E. B.; RUSSO, M. A repetição da experiência em Haller e Spallanzani. In: MARTINS, R. de A.; SILVA, C. C.; HIDALGO, J. M. F.; MARTINS, L. A. C. P. (orgs.). *Filosofia e História da Ciência no Cone Sul. Seleção de trabalhos do 5o. Encontro*. Campinas, AFHIC, 2008.
- PRINCE, S. A. *et al.* Stuffing birds, pressing plants, shaping knowledge: Natural History in North America, 1730-1860. *Transactions of the American Philosophical Society, New Series*, 2003. v. 93. n. 4. p. i-xviii, 1-113.
- PYLE, C. M. Art as science: scientific illustration, 1490-1670 in *drawing, woodcut and copper plate*. *Endeavour*, 2000, v. 24, n. 2, p. 69-75.
- RUESTOW, E. G. Images and ideas: Leeuwenhoek's perception of the spermatozoa. *Journal of the History of Biology*, 1983, v. 16, n. 2, p. 185 -224.
- SMITH, P. H. Art, science, and visual culture in early modern Europe. *Isis* 2006, p. 83-100.
- SWAMMERDAM, J. *Histoire generale des insectes. Ou l'on expose clairement la maniere lente e presque insensible de l'accroissement de leurs membres, e ou l'on decouvre evidemment l'erreur ou l'on tombe d'ordinaire au sujet de leur pretendue transformation*. Utrecht, Jean Ribbuis, 1685.
- . *The book of nature*. London, Seyffert, 1758, 2 vols.
- TAYLOR, J. E. (ed.). *Notes on collecting and preserving natural-history objects*. London, W. H. Allen, 1883.
- TURGOT, E. F. *Mémoire instructif sur la manière de rassembler, de préparer, de conserver, et d'envoyer les diverses curiosités d'histoire naturelle*. Paris, Jean Marie Bruyset, 1758.
- TURNER, G. *Scientific instruments 1500-1900: an introduction*. Berkeley, University of California Press, 1998.
- VERLOT, B. *Le guide du botaniste herborisant. Conseils sur la récolte des plantes, la préparation des herbiers, l'exploration des stations de plantes phanérogames et cryptogames et les herborisations*. Paris, J. B. Billière et fils, 1865.
- WARNER, D. J. What is a scientific instrument, when did it become one, and why? *British Journal for the History of Science*, 1990, v. 23, p. 83-93.
- WILSON, C. *The invisible world: early modern philosophy and the invention of the microscope*. Princeton, Princeton University Press, 1995.