

GABRIEL MENEZES VIANA  
RODOLFO DIAS DE ARAÚJO  
FRANCISCO ÂNGELO COUTINHO

***BIG SCIENCE E A***  
**NATUREZA DA**  
**CIÊNCIA**



GABRIEL MENEZES VIANA  
RODOLFO DIAS DE ARAÚJO  
FRANCISCO ÂNGELO COUTINHO

***BIG SCIENCE E A***  
**NATUREZA DA**  
**CIÊNCIA**



**São Paulo**  
**2023**

# EDITORA NA RAIZ



**EDITOR-CHEFE: PROF. DR. VALDIR LAMIM-GUEDES**

## CONSELHO EDITORIAL

**PROF. DR. ALEXANDRE MARCELO BUENO (UNIVERSIDADE PRESBITERIANA MACKENZIE) | PROFA. DRA. ANNIE GISELE FERNANDES (USP) | PROF. DR. ANTÔNIO MANUEL FERREIRA (UNIVERSIDADE DE AVEIRO, PORTUGAL) | PROF. DR. CARLOS JUNIOR GONTIJO ROSA (PUCSP) | PROF. DR. DALVÂN A. DE CAMPOS (UNIPLAC; UNA-SUS/UFSC) | PROF. DR. DANIEL MANZONI DE ALMEIDA (UNIVERSITÉ BRETAGNE OCCIDENTALE, FRANÇA) | PROFA. DRA. DEBORAH SANTOS PRADO (UNIFESP) | PROF. DR. FÁBIO AUGUSTO RODRIGUES E SILVA (UFOP) | PROF. DR. FELIPE W. AMORIM (UNESP) | PROFA. DRA. FLAVIA MARIA CORRADIN (USP) | PROF. DR. FRANCISCO SECAF ALVES SILVEIRA (UNIVERSIDADE ANHEMBI MORUMBI) | PROF. DR. HORÁCIO COSTA (USP) | PROF. DR. JAVIER COLLADO RUANO (UNIVERSIDAD NACIONAL DE EDUCACIÓN, EQUADOR) | PROF. DR. JOSÉ AUGUSTO CARDOSO BERNARDES (UNIVERSIDADE DE COIMBRA, PORTUGAL) | PROF. DR. MARCOS PAULO GOMES MOL (FUNDAÇÃO EZEQUIEL DIAS) | PROF. DR. PEDRO ROBERTO JACOBI (USP) | PROF. DR. RENATO ARNALDO TAGNIN (FACULDADES OSWALDO CRUZ) | PROFA. DRA. SUZANA URSI (USP) | PROFA. DRA. YASMINE ANTONINI (UFOP)**

**Contatos**



**A Editora Na Raiz  
é uma empresa com  
DNA USP**



## **V614c Viana, Gabriel Menezes**

**Big Science e a Natureza da Ciência [livro eletrônico] / Gabriel Menezes Viana; Rodolfo Dias de Araújo; Francisco Ângelo Coutinho (autores). São Paulo: Editora Na Raiz, 2023.**

**78 f.; 14,8 x 21 cm; pdf  
ISBN 978-65-88711-34-7**

**DOI <https://doi.org/10.5281/zenodo.7709417>**

**1. Educação. 2. Ensino de Ciências.**

**I. Título.**

**CDD 370**

# DEDICATÓRIA

Gabriel dedica o livro aos seus alunos.

Rodolfo dedica este livro ao bem-te-vi, que ao eriçar o píleo assustou-me e revelou um mundo de vozes e cores escondidos nas matas.

Francisco dedica esse livro a Solange dos Santos Lima, amor e companheira de existência.

# AGRADECIMENTOS

Gabriel Menezes Viana é grato ao apoio financeiro concedido pela Fapemig.

Rodolfo Dias de Araújo é grato ao apoio financeiro concedido pela Fapemig e às bolsas de estudo concedidas pela UFSJ.

Francisco Ângelo Coutinho é grato ao CNPq pela bolsa de produtividade em pesquisa e pelo apoio financeiro.

Os autores agradecem a Universidade Federal de São João del-Rei pelo financiamento do livro.

Um rumor inquietante se espalha pelo mundo dos cientistas. Existem, ao que parece, pesquisadores, ainda por cima especialistas em ciências humanas, que investem contra o ideal de uma ciência pura.

(Isabelle Stengers,  
A invenção das  
ciências modernas)

## GABRIEL MENEZES VIANA



Doutor e Mestre em Educação pela Faculdade de Educação da Universidade Federal de Minas Gerais (FaE/UFMG). Licenciado em Ciências Biológicas pela Universidade Federal de Alfenas (Unifal-MG).

Professor da Universidade Federal de São João del-Rei (UFSJ) onde leciona no curso de licenciatura em Ciências Biológicas e no Mestrado em Educação (PPEDU). Interessado pelos processos curriculares e de ensino-aprendizagem na formação de professores nas Ciências da Natureza. Atualmente coordeno um grupo de pesquisas no Mestrado em Educação na UFSJ que investiga diferentes processos de educação científica e tecnológica por meio da Teoria Ator-Rede e de outros aportes teóricos propostos por Bruno Latour e colaboradores.

# RODOLFO DIAS DE ARAÚJO



Licenciado em Ciências Biológicas pela Universidade Federal de São João del-Rei.

Atualmente é mestrando no programa de pós-graduação em Processos Sócioeducativos e Práticas Escolares da Universidade Federal de São João del-Rei (UFSJ).

**SOBRE OS AUTORES**

## FRANCISCO ÂNGELO COUTINHO



Doutor em Educação pela Universidade Federal de Minas Gerais (2005), mestre em Filosofia Universidade Federal de Minas Gerais (1996), com ênfase em Lógica e Filosofia da Ciência.

Graduado em Licenciatura em Ciências Biológicas pela Universidade Federal de Minas Gerais (1990). Professor da Faculdade de Educação da Universidade Federal de Minas Gerais, onde atua na graduação e na pós-graduação em Educação. Líder do grupo Cogitamus. Pesquisa na área de educação em ciências sob as referências das ecologias das práticas científicas, da sociomaterialidade da produção do conhecimento e do pensamento decolonial. Interessa-se pelas ontologias extramodernas.

**PREFÁCIO**

.....  
**LUIZ GUSTAVO FRANCO**

Sempre que leio ou converso sobre natureza da ciência sou transportado para visões que nutri por anos ao longo de minha formação. Visões de uma ciência como plataforma neutra e segura para a humanidade, ou de cientistas como pessoas despreziosas e sem vaidades temporais.

Essa visão, beirando a religiosidade, não é incomum entre aqueles e aquelas que amam ciência. Vejo sendo repetidas a cada semestre, quando encontro jovens professores de Biologia ao final de seus cursos de licenciatura. Em um desses encontros, nós estávamos discutindo sobre ciência, um tema que motiva debates inflamados, o que gosto bastante. Eu estava trazendo alguns exemplos de episódios que pudessem ajudá-los a pensar na ciência de modo menos idealizado.

Um dos exemplos chamou a atenção da turma. O caso do artigo “*Human Tears Contain a Chemosignal*”, publicado na revista Science por pesquisadores do Instituto Weizmann de Ciência. A pesquisa relatava uma experimentação com dados de vinte homens que cheiravam lágrimas de três mulheres para que fosse avaliado o impacto do cheiro das lágrimas femininas sobre a excitação sexual masculina e seus níveis de testosterona. O artigo, de 2011, levantou um intenso debate com a turma.

Rapidamente, alguns estudantes passaram a buscar o artigo na internet. Não só o encontraram, como encontraram

outro, mais recente, de 2017. Para surpresa de todos, no novo artigo, intitulado “*Chemosignalling effects of human tears revisited*” havia uma nova camada de análise. Os pesquisadores replicavam o desenho experimental anterior, incluindo uma condição adicional, usavam fotos de mulheres sexualmente atraentes para testar hipóteses relacionadas aos efeitos da exposição às lágrimas. Revolta e indignação foram elementos que permearam toda a discussão. Em meio a todo furor, um dos estudantes pediu a palavra: “*Professor, mas a gente precisa separar as coisas. A ciência dos cientistas. Esses cientistas que estão dando um mau exemplo do que é fazer ciência*”.

O comentário me transportou para aquelas visões que mantive por anos (e gostava de manter). Há uma desvinculação que preserva a pureza da ciência na fala do estudante. A ciência se mantém correta, adequada, rigorosa, sem ideologias e há fatores que podem usurpar de sua estrutura e desvirtuá-la. Como podemos separar essas coisas? Por que separamos o ‘ser cientista’ do ‘fazer ciência’? Dessa experiência, aprendi que precisava insistir naquele debate com a turma. Seria preciso ir além da citação de exemplos. Não se tratava de fazer um juízo dos cientistas envolvidos ou posicionar um debate na dicotomia entre a boa ciência e a má ciência. Se tratava de pensarmos sobre de que modos aspectos sociais e culturais constituem a ciência,

isto é, são parte de sua existência. Era preciso, portanto, aprofundar nas discussões sobre natureza da ciência

De fato, a natureza da ciência tornou-se um construto frutuosa dentro da área de Educação em Ciências. Para além do consenso de que é importante o ensino ‘sobre ciência’, percebi que seria necessário dar um passo atrás e questionar: sobre ‘que’ ciência estamos falando? É com essa provocação que os autores deste livro começam sua discussão. Ao longo do livro, os autores utilizam o Projeto Genoma Humano, não apenas como mero exemplo, mas como um caso de análise para avançarmos no debate. O caso o que me fez evocar o episódio relatado e refletir sobre um ponto central para aprofundar naquele debate: a divisão entre aspectos internos e externos da natureza ciência. A separação, a priori útil para elaborarmos alguns significados, me fez pouco avançar na discussão com minha turma naquele momento.

Com base no pensamento de Bruno Latour, os autores me ajudaram a refletir, ao defenderem que uma separação entre aquilo e aqueles que são próprios da ciência e aquilo e aqueles que não os são, é pouco útil para pensarmos ‘que’ ciência queremos ensinar sobre. O foco nos atores e suas ações permitiu caracterizar entidades como sociedade, política, economia, cultura e ciência que emergem na medida em que um conjunto de atores vão sendo associados produzindo existências relativas

ao caso em tela, o projeto genoma. A análise da rede de heterogeneidades que mantem os valores produzidos pelos modernos me colocou em outro lugar na sobre a natureza da ciência. Ao invés de pensar no que seria um aspecto interno ou externo à ciência, pude começar a pensar sobre o que acontece para que a ciência exista.

O livro, portanto, é um convite ao questionamento, além de oportunidade à agradável leitura. Como que um bônus ao final da densa leitura, há ainda a metáfora da “casa mal-assombrada para aprender ciências”, à qual convido você, a se surpreender. Que este livro sirva de reflexão e aprofundamento, como serviu para mim.

Luiz Gustavo Franco

Belo Horizonte, 15 de fevereiro de 2023

# SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO

17

19

NATUREZA DA CIÊNCIA E A  
EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS:  
OUTRAS POSSIBILIDADES

CONTRIBUIÇÕES DE  
BRUNO LATOUR E DA  
TEORIA ATOR-REDE

26

33

CIÊNCIA, SOCIEDADE E  
CONHECIMENTO CIENTÍFICO

**O PROJETO GENOMA HUMANO  
E A NATUREZA DA CIÊNCIA**

**40**

**61**

**UMA PROPOSTA DE ENSINO  
DE CIÊNCIAS SENSÍVEL A  
OUTRAS PERSPECTIVAS DE  
NATUREZA DA CIÊNCIA**

**POR UMA NATUREZA DA  
CIÊNCIA QUE NOS INCITE A  
QUESTIONAR DO QUE E DE  
QUEM A CIÊNCIA É FEITA**

**66**

**69**

**REFERÊNCIAS**


# APRESENTAÇÃO



Este livro tem o propósito de levantar discussões a partir de nossas reflexões sobre visões de natureza da ciência, em especial, naquilo que ficou conhecido como aspectos “internos” e “externos” à ciência”. Problematizamos essas categorizações apoiados em duas frentes, o Projeto Genoma Humano, e proposições de Bruno Latour acerca dos estudos de ciência. Nas relações entre o pensamento latouriano e essa importante empreitada humana de Big Science, ponderamos que determinadas visões de ciência que separariam uma linha entre o que é próprio e o que é colateral à ciência, não mais se sustenta. Paradigmas contemporâneos que se nutrem de estudos antropológicos e sociológicos da ciência apontam pensarmos a ciência como uma rede, a qual, para se sustentar necessita construir vínculos entre seres heterogêneos. Por fim, como pesquisadores do campo da Educação em Ciências ensaiamos uma proposta de atividade atrelada à visão de ciência neste livro construída.

Os autores.

**NATUREZA DA  
CIÊNCIA E A  
EDUCAÇÃO EM  
CIÊNCIAS: OUTRAS  
POSSIBILIDADES**



Há mais de três décadas defende-se que o ensino/aprendizagem de ciências não envolve somente o domínio de conceitos, processos e teorias científicas, mas também a aprendizagem sobre o que é ciência. Na esteira desta ideia, centenas de artigos e vários livros foram publicados neste período e “natureza da ciência” tornou-se um *constructo* (LEDERMAN, 2010, p. 831) que tem orientado a pesquisa, o ensino e a elaboração de documentos oficiais voltados para a educação em ciências (por exemplo, AAAS, 1989; ABD-EL-KHALICK, 2012; ABD-EL-KHALICK, LEDERMAN, 2000; ALLCHIN, 2011, 2013, 2017; BELL, LEDERMAN, 2003; CAREY, SMITH, 1993; DRIVE *et al.*, 1996; IRZIK, NOLA, 2011, 2014; JUSTI, ERDURAN, 2015; NRC, 2012; SANTOS *et al.*, 2020).

É manifesto que o objetivo de uma compreensão da natureza da ciência seja desejável, mas é inegável também que seria atingido de maneira mais simples se soubéssemos exatamente qual é a verdadeira natureza da ciência. Quando colocamos a questão do que vem a ser ciência, situamo-nos em um ambiente emaranhado. Mesmo no campo da filosofia da ciência, que durante séculos tomou para si a questão, um grande debate se instaurou e respostas diversas foram formuladas desde o nascimento das ciências. Por não termos uma resposta peremptória, na área de educação em ciências alguns

pesquisadores optaram por estabelecer uma lista de declarações que agruparia as características fundamentais da ciência e aquilo que ficou conhecido como “visão consensual” pode assim ser apresentado: (1) o conhecimento científico é confiável, embora, ao mesmo tempo, provisório (sujeito a mudança à luz de novas evidências ou conceituações de evidência); (2) não existe um único método científico, mas há características compartilhadas, sendo as explicações científicas apoiadas por evidências empíricas, que podem ser testadas em confronto com o mundo natural; (3) a criatividade desempenha um papel importante no desenvolvimento do conhecimento científico; (4) há uma relação entre teorias e leis; (5) há uma relação entre observações e inferências; (6) embora a ciência se esforce para atingir a objetividade, há sempre um elemento de subjetividade no desenvolvimento do conhecimento científico; e, (7) os contextos social e cultural desempenham um papel no desenvolvimento do conhecimento científico. (ACKERSON, DONNELLY, 2008)<sup>1</sup>.

Embora venha produzindo um corpo enorme de pesquisas e estratégias de ensino, a visão consensual não passou sem críticas. Entre as avaliações apresentadas podemos

---

<sup>1</sup> Para maiores detalhes recomendamos também ver Lederman (2010, pp. 833-835).

encontrar, por exemplo, confusão entre “natureza da ciência” e “investigação científica” (LEDERMAN, 2010, p. 835), incompletude da lista (ALLCHIN, 2011), possibilidade de se tornar um guia prescritivo de ensino (CLOUGH, 2007) e necessidade de uma compreensão mais holística, do que esta apresentada pela visão consensual, do que seja a ciência (DAGHER, ERDURAN, 2016). As avaliações poderiam se multiplicar, mas não é nossa intenção um julgamento da visão consensual e nem temos a pretensão de demover as dificuldades enfrentadas por ela. Se as mencionamos aqui é no sentido de estabelecermos um ponto de partida que nos permita afirmar que a caracterização da natureza da ciência ainda demanda esforços e se coloca como campo fértil para a pesquisa em educação em ciências e para os processos educacionais.

Dito isto, expomos o território sobre qual alicerçamos nossa contribuição. Entre os argumentos para uma educação científica balizada pela compreensão da natureza da ciência, destacam-se aqueles que asseveram seu potencial para o exercício da cidadania (por exemplo, DRIVER *et al.*, 1996; KOLSTO, 2001). Neste caso, considera-se que vivemos em tempos altamente subordinados a uma ampla variedade de conhecimentos técnicos e científicos, que rapidamente se disseminam por meio das mais diversas tecnologias de informação (RUBIO, BAERT, 2012, p. 1), obrigando os

múltiplos atores sociais a tomarem decisões sobre sua validade, eficácia, riscos e incertezas. Neste caso, devemos considerar que muitas vezes as pessoas utilizam seu entendimento sobre a natureza da ciência para avaliar questões públicas relativas à ciência e à tecnologia (SHAMOS, 1995, p. 224). O pressuposto, portanto, é que compreender os modos de produção e validação do conhecimento científico contribui para preparar as e os estudantes para a vida cidadã, no sentido de exercerem participação ativa, informada, crítica e responsável diante das consequências do conhecimento científico (veja-se, por exemplo, BYBEE, 1997; HODSON, 2014; KOLSTO, 2001).

Nesse sentido, um campo de pesquisas que ficou conhecido sob a rubrica geral de “estudos de ciências”, está produzindo, já há algum tempo, um grande número de trabalhos sobre os regimes de produção e distribuição do conhecimento que, acreditamos, podem enriquecer nossa compreensão da natureza da ciência, principalmente quando pensamos na compreensão sobre o papel da ciência em sociedades complexas e permeadas pelos produtos e conhecimentos científicos. O objetivo do presente livro é, portanto, contribuir para um projeto mais amplo que vem analisando as possibilidades de incorporar alguns destes achados dos estudos de ciências à nossa compreensão da natureza da ciência. O objetivo posto desse modo geral não é

novo. Alguns autores já trataram do tema, principalmente quando discutem as possibilidades de incorporar uma visão mais ampla sobre a natureza da ciência, de modo a apresentá-la de maneira contextualizada ou integrada aos demais domínios da sociedade (veja-se, por exemplo, SANTOS et al., 2020; LIMA et al., 2019; MAIA et al. 2021). Tomamos, portanto, como exemplar a definição apresentada por McComas (2008), segundo o qual natureza da ciência refere-se a:

[...] domínio híbrido que combina aspectos de vários estudos sociais da ciência, incluindo história, sociologia e filosofia da ciência, combinados com pesquisas das ciências cognitivas, como a psicologia, em uma rica descrição da ciência; como funciona, como os cientistas operam como um grupo social e como a própria sociedade dirige e reage aos esforços científicos (McCOMAS et al. 1998, tradução nossa)<sup>2</sup>.

Como podemos ver, o constructo natureza da ciência congrega resultados de pesquisas em diversos campos, de modo a enriquecer a compreensão da ciência e suas relações como os demais modos de organização da sociedade e dos demais regimes de produção e circulação do conhecimento. Neste momento, mais especificamente, estamos interessados em uma abordagem conhecida como Teoria Ator-Rede, principalmente

---

2 (...) hybrid domain which blends aspects of various social studies of science including the history, sociology and philosophy of science combined with research from the cognitive sciences such as psychology into a rich description of science; how it works, how scientists operate as a social group and how society itself both directs and reacts to scientific endeavors.

na vertente elaborada por Bruno Latour e em suas produções nos estudos das ciências. A partir da análise que será realizada, o livro coloca-se como um convite para se pensar a possibilidade de novas vias de pesquisas empírica e teórica, bem como para construir estratégias educacionais.

**CONTRIBUIÇÕES DE  
BRUNO LATOUR E DA  
TEORIA ATOR-REDE**



Neste momento apresentamos as bases teórico-conceituais com as quais dialogaremos neste livro. Dentro da área da Sociologia é geralmente destinado ao campo da sociologia do conhecimento a tarefa de estudar a ciência e o conhecimento científico. Destaca-se, nesse escopo, os estudos do Programa Forte liderados na década de 1970 por David Bloor que sustentava que as questões sociais não pertenciam a periferia da ciência, mas que estariam incorporadas no conteúdo e na natureza do conhecimento científico. A tarefa dos sociólogos do Programa Forte em Sociologia do Conhecimento, por sua vez, deveria ser a de uma vez sustentadas nos pilares fundantes desse novo campo (p.ex.: imparcialidade, reflexividade, causalidade e simetria, BLOOR, 2009) entender e explicar o empreendimento científico como um todo.

Os estudos das ciências têm se contribuído de pesquisadores de diversas áreas compondo uma área interdisciplinar que ficou conhecida como *Science Studies*. Nesse escopo, algumas investigações têm garantido um lugar especial por se desenvolveram no interior de um dos arautos da modernidade, os laboratórios de pesquisa científica, entre os quais, destacam-se os trabalhos pioneiros de Bruno Latour, Mike Lynch e Karin Knorr-Cetina. Dentro desses estudos das ciências, é incontestável a importância da obra de Bruno

Latour<sup>3</sup>. Seu livro “A Vida de Laboratório”, publicado originalmente em 1979, em coautoria com o sociólogo Steve Woolgar, (LATOUR, WOOLGAR, 1997) foi descrito como o estudo mais detalhado e minucioso da prática científica em laboratório e que ainda permanece como um ponto de referência importante nesta área (BLOK, JENSEN, 2011, p. 26). Nessa pesquisa, Latour acompanhou entre os anos de 1975 e 1977 o trabalho de pesquisadores no laboratório de neuroendocrinologia do renomado Instituto Salk, na Califórnia, coordenado pelo ganhador do prêmio Nobel de medicina de 1977, Roger Guillemin. A pesquisa de Latour evidenciou como os cientistas se envolvem na produção dos fatos científicos, se associando a uma parafernália que ocupa os laboratórios, assim como, aos ritos, protocolos, artigos, cálculos, pessoal técnico, financiadores, enfim a uma gama de elementos diversos e que não se limitam às paredes do laboratório. Além desse livro, em “Ciência em Ação”, Latour (2011) apresenta um programa de pesquisa abrangente e integrado para o estudo da ciência e com uma teoria independente e original do conhecimento (BLOK,

---

<sup>3</sup>Apesar de ter participado e ter influências do Programa Forte em Sociologia da Ciência, em anos seguintes, Latour rompe com o programa e se nutrindo mais do pensamento antropológico propõe uma superação do princípio de simetria para aquilo que, junto com Michel Callon, denominou de Princípio de Simetria Generalizada.

JENSEN, 2011, p. 26; SHAPIN, 1988). Já nessa obra, a empiria de Latour se deposita sobre alguns estudos de caso que resgatam elementos da história das ciências e das tecnologias envolvidos, por exemplo, na composição da estrutura da molécula do DNA e sobre o fator de liberação do hormônio de crescimento. Essas investigações minuciosas da atividade dos cientistas desenvolvida por Latour nos permite entender que as circunstâncias que compõem as práticas científicas é que produzem o conhecimento e o fato científico, os quais, assim como realidade e exterioridade, seriam consequências e não um a priori da ciência. Propõe Latour que para investigar os cientistas em suas atividades profissionais cotidianas que assumamos que a ciência não se encontra pronta e ocupando um domínio específico da sociedade. Mas, que ocorre em uma produção contínua, complexa e ramificada em que atores humanos e não-humanos concorrem para produzir coletivos.

Ainda de fundamental importância para nossas finalidades aqui também se apresenta o livro “Jamais Fomos Modernos” (JFM) (LATOURE, 2000), publicado originalmente em 1991. Esta obra traduzida para mais de vinte idiomas teve repercussões em várias áreas do conhecimento e influenciou (e ainda influencia) antropólogos e etnólogos em várias partes do mundo. Em JFM Latour estabelece uma agenda mais ampla cuja intenção é responder à questão: “O que é um moderno?”

(LATOUR, 2000, p. 15). Ao invés de derivar a resposta para esta questão a partir da hermenêutica dos grandes pensadores e intelectuais da modernidade, Latour esquadrinha o mundo moderno como um antropólogo e, enquanto tal, descola-se para espaços nos quais se desenrolam diversas existências dos modernos: laboratórios, exposições de artes, tribunais, internet ou acompanhando cientistas em trabalhos de campo. Sobre o ofício de compreender os modernos, diz Latour:

Quanto aos coletivos estrangeiros, é tarefa da antropologia falar ao mesmo tempo sobre todos os quadrantes. Na verdade, como já disse, qualquer etnólogo é capaz de descrever, na mesma monografia, a definição das forças presentes, a repartição dos poderes entre humanos, deuses e não-humanos, os procedimentos de consensualização, os laços entre a religião e os poderes, os ancestrais, a cosmologia, o direito à propriedade e as taxonomias das plantas e vegetais. O etnólogo evitará escrever três livros – um para os conhecimentos, outro para os poderes, e um último para as práticas. Escreverá apenas um (...) (Latour, 2000, p. 20).

Ou seja, o que Latour intenta é descrever a modernidade fazendo algo similar ao que os antropólogos fazem ao ligarem uma variedade de temas, coletando e descrevendo a diversidade dos atores humanos e não humanos que participam nas práticas dos sujeitos pesquisados, vendo como eles se associam e produzem suas realidades. Nesse esforço, Latour esquadrinha o moderno como aquele que separa natureza e cultura, humano e não humano, epistemologia e ontologia, representação das coisas e o mundo em si. Para Latour, os modernos enquanto se

esforçam nesses movimentos de purificação do mundo acabam promovendo cada vez a proliferação de seres híbridos. (LATOUR, 2000)

Outra obra de Latour que vem ao nosso apoio neste texto é o livro “A Esperança de Pandora” (LATOUR, 2017) originalmente publicado por Latour em 1999. Neste livro, Latour investiga os modos pelos quais a ciência produz realidades. Assim como em suas outras investigações da ciência até então, Latour combina resultados de estudos empíricos por ele mesmo conduzidos e de estudos da história da ciência produzidos por outros autores. Destacamos para este livro os conceitos de “referência circulante” e sua apresentação da metáfora nomeada como “fluxo sanguíneo da ciência”. O primeiro, refere-se ao complexo e intrincado processo de encadeamento por meio do qual cientistas, se aliam a objetos, plantas, institutos de pesquisa, financiadores, pedras, conceitos, gráficos, números e instrumentos produzindo uma rede de heterogeneidades que se encerra em uma cadeia de referências por meio do qual algo passa (a referência) e vai produzido assim, o conhecimento científico. A segunda ideia, “o fluxo sanguíneo da ciência”, constituiria em uma metáfora para a visualização da organização do empreendimento científico no laboratório científico se articulando com os pares (autonomização), os financiadores (alianças), o público (representação pública) e o

objetos (mobilização do mundo). (LATOURE, 2017) Latour defende que haveria um abismo quando se busca correspondências entre palavra e mundo, referente e coisa, o que, por sua vez, incidiria também em uma ruptura na ciência entre questões internas e externas. Defende o autor francês que nos preocupemos com as proposições, ou seja, em como os atores estão se articulando nas redes, de modo que nos distanciemos das questões epistemológicas (das assertivas, sobre o que é verdadeiro ou falso) para nos atermos as questões ontológicas (daquilo que um ator faz-fazer os outros).

Nesse breve apanhado de alguns trechos das produções de Bruno Latour acreditamos que já se apresentam elementos suficientes para notarmos o quanto é complicado pontuar onde estaria a ciência, o conhecimento científico e seu entorno cultural ou social. Tendo isso posto, nos propomos, a desenvolver tal argumento o localizando-o em um aspecto da realidade, o Projeto Genoma Humano (PGH). O propósito é de observarmos, à luz dos pensamentos latourianos, como essa grande empreitada dos modernos, a identificação e catalogação das bases que comporia o código genético universal dos humanos, complexifica certas discussões sobre natureza da ciência.

**CIÊNCIA, SOCIEDADE  
E CONHECIMENTO  
CIENTÍFICO**



Nos últimos 70 anos, estudos de história, filosofia e sociologia da ciência contribuíram para redefinir a ciência de uma atividade isolada, objetiva e imparcial produtora de conhecimento para uma empreitada socialmente constituída. Tais achados levaram alguns autores na área de educação em ciências a reivindicarem, portanto, a inclusão de aspectos não epistemológicos relacionados às dimensões históricas, sociais e culturais em nossas abordagens a uma compreensão da natureza da ciência. Segundo estes autores, esta inclusão permitiria uma visão mais sofisticada ou holística (ARAGÓN-MÉNDEZ *et al.*, 2017) do que tomamos normalmente como ciência (por exemplo, ABD-EL-KHALICK, 2012; ARAGÓN-MÉNDEZ *et al.*, 2019; DAGHER, ERDURAN, 2016; GANDOLFI, 2019; IRZIK, NOLA, 2014). Com o intuito de tornar mais ampla nossa visão da ciência, Acevedo-Dias et al (2017) inventariaram o que consideram como importantes aspectos não epistemológicos da natureza da ciência. Os autores dividem o elenco de aspectos entre os internos e aqueles externos à comunidade científica, como se pode ver no quadro 1.

**Quadro 1** – Aspectos não epistemológicos (interno e externos à comunidade científica).

<b>Aspectos internos à comunidade científica</b>	<b>Aspectos externos à comunidade científica</b>
<p>Papel da comunicação científica</p> <p>Relações profissionais dentro da comunidade científica</p> <p>Personalidade do cientista</p> <p>Relações profissionais entre cientistas</p> <p>Papel da comunidade científica na aceitação de teorias científicas</p> <p>Habilidade retórica e estratégias semânticas para persuadir</p> <p>Cooperação</p> <p>Competitividade</p> <p>Aspectos morais e éticos</p> <p>Influência de gênero</p>	<p>Influência da política na ciência</p> <p>Patriotismo nacionalista</p> <p>Papel das patentes</p> <p>Contexto histórico, social e cultural</p> <p>Apoio político à pesquisa</p> <p>Apoio econômico à pesquisa</p> <p>Influência da sociedade na ciência</p> <p>Influência da ciência na sociedade</p> <p>Impacto da ciência na socioeconomia</p> <p>Ciência e religião</p> <p>Papel da imprensa na divulgação científica</p>

Fonte: A partir de Acevedo-Dias et al. (2017).

Consideramos que esta proposta, enquanto consequência de uma meta-análise do conhecimento científico, que destaca os aspectos institucionais da ciência e de suas relações com o contexto social, contribui fortemente para uma maior compreensão da complexa atividade científica e pode informar a pesquisa educacional e o ensino de ciências. Mais ainda, como enfatizam Erduran e Dagher (2014, p. 160):

A ênfase nos aspectos sociais e institucionais da ciência proporciona novas oportunidades para redefinir e caracterizar o ensino e a aprendizagem da NOS, particularmente numa era de globalização das economias do conhecimento que exigem um entendimento mais sofisticado da natureza da ciência em relação às suas várias dimensões. A ciência pode se tornar mais autêntica na ciência escolar enfatizando que os cientistas trabalham em comunidades de prática e que suas interações são governadas por normas, valores e forças sociais particulares. A inclusão dos contextos sociológicos, políticos, organizacionais e financeiros da ciência no ensino de ciências provavelmente envolverá alunos de diversas origens e aumentará seu interesse e engajamento nas ciências. (Tradução nossa)<sup>4</sup>

---

<sup>4</sup>“The emphasis on the social and institutional aspects of science provide novel opportunities to redefine and characterize the teaching and learning of NOS, particularly at an age of globalization of knowledge economies that demand more sophisticated understanding of nature of science relative to its various dimensions. Science can be made more authentic in school science by emphasizing that scientists work in communities of practice and that their interactions are governed by particular social norms, values and forces. The inclusion of the sociological, political, organizational and financial contexts of science in science education is likely to engage to students from diverse backgrounds, and improve their interest and engagement in *Science*”.

Neste texto aprovamos e mantemos a opinião destes autores, segundo a qual o conhecimento científico é permeado por elementos sociais, culturais e históricos. Diversas estratégias poderiam ser mobilizadas para que este objetivo seja atingido. Por exemplo, pode-se mostrar as influências políticas sobre a instauração de controvérsias científicas (por exemplo, SHAPIN, SHAFFER, 2011); ou, como os interesses políticos e econômicos podem estar envolvidos em construção de dúvidas sobre dados científicos (por exemplo, ORESKES, CONWAY, 2011); ou, como os interesses de cientistas, pescadores e vieiras se misturam quando se investiga a reprodução desses moluscos em um litoral francês (CALLON, 1999), ou, ainda, pode-se revelar interesses pessoais e militares envolvidos no desenvolvimento de um determinado programa de pesquisa (por exemplo, LATOUR, 2001, pp. 97-132). Exemplos não faltam. Porém, vamos abordar o tema recorrendo a um estudo sobre o Projeto Genoma Humano (PGH). Isto se justifica se considerarmos que a realização do PGH pode ser considerada uma das maiores empreitadas da história da ciência, introduzindo a Biologia naquilo que Price (1963) chamou de *Big Science*, que se caracteriza por

(...) requer instalações grandes e caras, mudanças regulatórias e políticas, enormes equipes de cientistas e técnicos com uma proliferação de funções especializadas e cujos resultados, no final, são “publicados como apenas um artigo principal, com

cem coautores cada buscando algum grau de reconhecimento pessoal” (GLASNER, 2002, tradução nossa.)<sup>5</sup>.

Apesar de concordamos com o inventário composto por Acevedo-Dias et al. (2017) objetivamos mostrar, pelo estudo do PGH e pela mobilização dos conceitos latourianos, que a linha divisória entre aspectos epistemológicos externos e internos não está tão delimitada quanto faz parecer. Ao final desse exercício, propomos ainda um modo de apresentar em sala de aula o que aqui é discutido.

Importante destacar, contudo, que o estudo sobre o PGH aqui apresentado não tem pretensões de esgotar o assunto e nem de ser uma revisão sistemática. Nesse sentido, faz escolhas quanto à bibliografia apresentada e aos temas tratados. Inicialmente, começamos o estudo a partir de duas compilações (ATKINSON, *et al.*, 2007 e ATKINSON, *et al.*, 2013). A leitura destes livros nos levou à escolha do recorte de temas tratados, que são aqueles que consideramos suficientes para nossa argumentação. Também nos possibilitou o encontro com outras referências. Uma vez escolhidos os temas, as demais referências

---

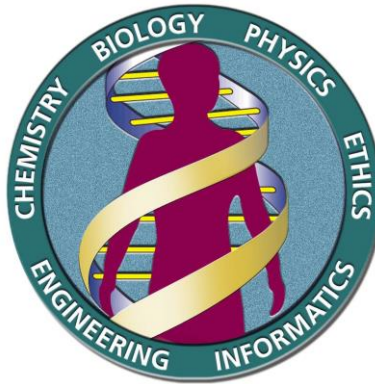
<sup>5</sup>“(…) requires large and costly facilities, regulatory and policy changes, huge teams of scientists and technicians with a proliferation of specialized roles and the results, in the end, published as just one primary paper, with a hundred co-authors each seeking some degree of personal recognition”

bibliográficas tratadas foram encontradas em pesquisa no *Google Acadêmico* ou por citações em artigos analisados.

**O PROJETO GENOMA  
HUMANO E A  
NATUREZA DA  
CIÊNCIA**



**Figura 1:** Logo do Projeto Genoma Humano.



Fonte: Google imagens.

O Projeto Genoma Humano (PGH) foi iniciado em meados da década de 1980 e concluído em fevereiro de 2001 (NATURE, 2001; VENTER et al., 2001). Porém, oito meses antes, em junho de 2000, o presidente americano, Bill Clinton e o primeiro-ministro inglês, Tony Blair, em uma conferência via satélite, já haviam anunciado a conclusão do primeiro rascunho do mapa do genoma humano. Sua realização envolveu equipes de cientistas do setor público e privado. No setor público, foi formado um consórcio de 16 grupos de pesquisadores do Reino Unido, Estados Unidos da América, Alemanha, China e Japão, que utilizaram cerca de 600 sequenciadores de DNA. Como um dos produtos dessa empreitada esse grupo de pesquisadores publicaram um artigo no importante periódico científico, *Nature* sendo assinado por

249 autores, tendo seus resultados disponibilizados de forma gratuita e pública. Já o grupo privado, o *Celera Genomics*, por sua vez, que utilizou cerca de 300 sequenciadores, restringiu o uso de seus resultados dentro de limites comerciais.

As informações geradas pelo PGH ocupariam setecentas e cinquenta mil páginas de texto digitadas, pois existem cerca de três bilhões de bases químicas no DNA humano. Por isto, foi necessário a criação de bancos de dados especialmente projetados para armazenar esta informação, que só pode ser acessada por meio de software personalizado. Muito do trabalho que levou ao PGH foi realizado por Walter Bodmer e Sydney Brenner. Estes “estadistas da ciência” (GLASNER, 2002), mobilizaram cientistas em várias partes do mundo e conseguiram financiamento substancial. O custo do projeto girou em torno de dois bilhões de dólares (PENA, 2010).

A principal justificativa para a execução do PGH foi sua futura aplicação na melhoria da saúde e da qualidade de vida (GLASNER, 2002). Havia uma grande expectativa a esse respeito e o PGH foi impulsionado pelo vislumbre de uma nova era da medicina, baseada na identificação dos componentes genéticos subjacentes às doenças humanas. Acreditava-se que a compreensão técnica da estrutura e função do gene levaria a aplicações que iriam do diagnóstico – a identificação da doença – para a intervenção e desenvolvimento de tratamentos e curas

voltadas para corrigir o material genético ou vias metabólicas defeituosas (KELLY, 2013, p. 17). A este respeito, Watson, o primeiro diretor do projeto, escreveu:

Uma vez que agora podemos produzir bons mapas genéticos que nos permitem localizar os cromossomos culpados e, então, realmente encontrar os genes da doença (como Francis Collins encontrou o gene para a fibrose cística), a genética deve ser uma prioridade muito alta na agenda de pesquisa do NIH” (WATSON, 1992, pp. 167-168). (...). “Temos de convencer os nossos concidadãos de que haverá mais vantagens em conhecer o genoma humano do que em não o saber. (p. 173).

Ao lado de Watson, outros pesquisadores também manifestaram entusiasmo e esperança. O biólogo molecular Christopher Wills afirmava à época que “os problemas pendentes na biologia humana (...) serão todos iluminados por uma luz forte e constante a partir dos resultados desta empreitada” (citado em LEWONTIN, 2002, p. 56). Já Walter Gilbert foi além e utilizando uma metáfora religiosa medieval, disse: “sequenciar o genoma humano é como perseguir o Santo Graal” (citado em Gannett, 2008), pois previa que mudaríamos nossa “compreensão filosófica de nós mesmo” (citado em LEWONTIN, 2002, p. 56).

No imaginário manifesto pelos defensores do PGH até mesmo questões sociais e de políticas públicas seriam resolvidas pelos resultados do projeto. Um editor da revista *Science*, Daniel Koshland, quando questionado se os recursos do PGH

não deveriam ser alocados aos sem-teto, respondeu: “O que vocês não percebem é que os sem-teto são pessoas deficientes (...) Na verdade, nenhum grupo será mais beneficiado pela genética humana do que eles” (citado em LEWONTIN, 2002, p. 65).

Já a respeito da preocupação de Watson de “convencer os cidadãos”, a mídia e os divulgadores científicos realizaram grande parte do trabalho. Os jornalistas Jerry Bishop e Michael Waldholz, por exemplo, referiram-se ao PGH, já no título de um livro, como a “A mais espantosa aventura de nosso tempo” (BHISHOP, WALDHOLZ, 1999). Segundo Lewontin, outras referências ao PGH, por parte da mídia, envolviam “O futuro da medicina” ou “a mais importante empreitada científica da atualidade” (LEWONTIN, 2002, p. 56). Mas o trabalho também foi realizado por políticos, que se tornaram porta vozes da ciência. Em seu anúncio em junho de 2000, referido acima, disse o presidente Clinton: “Estamos aqui para comemorar a conclusão da primeira pesquisa de todo o genoma humano. Sem dúvida, este é o mapa mais importante e maravilhoso já produzido pela humanidade” (citado em GANNETT, 2008).

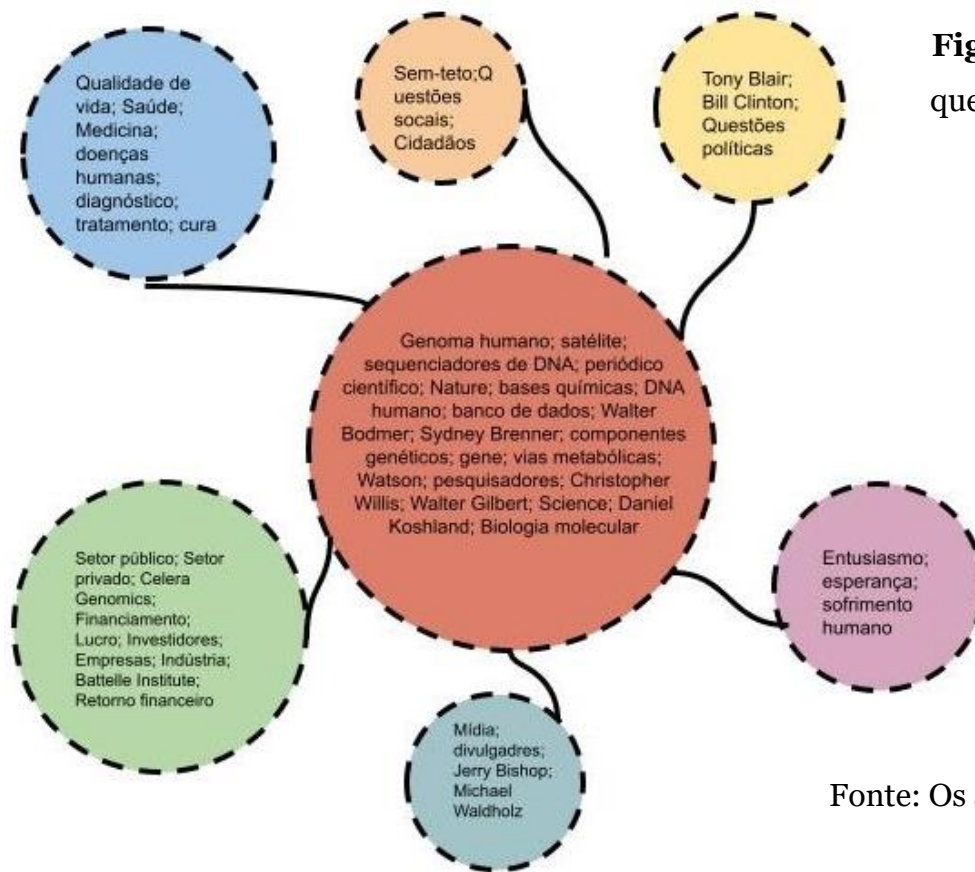
Apesar da exaltação dos potenciais do PGH para minorar o sofrimento humano, outros interesses estavam envolvidos. Segundo Lewontin, desde os primórdios da biologia molecular, ficou claro que a engenharia genética disponibilizaria grandes

oportunidades de lucros financeiros e estes interesses sempre estiveram envolvido no PGH. Diz Lewontin (2002, p. 64):

Vários geneticistas moleculares de renome são fundadores, diretores, funcionários ou acionistas de empresas de biotecnologia, incluindo fabricantes de suprimentos e equipamentos utilizados nas pesquisas de sequenciamento.

O próprio Watson foi pressionado a aposentar-se como chefe da divisão do Genoma Humano devido a conflitos de interesse. Tanto ele como seus familiares foram noticiados como investidores e detentores de participação em empresas de biotecnologia e na indústria farmacêutica. Segundo Lewontin, Walter Bodmer, diretor do *Imperial Cancer Research Fund*, afirmou que “a questão [da propriedade] está no centro de tudo que fazemos”, revelando assim os interesses financeiros por trás do Projeto Genoma Humano (para todo este parágrafo, cf. LEWONTIN, 2002, p. 64). Se havia esta intenção de obtenção de lucro, então podemos considerar o PGH um projeto bem-sucedido. Em 2011, o *Battelle Institute* publicou um relatório sobre o impacto econômico do PGH, calculando um retorno financeiro de cerca de US \$ 800 bilhões (TRIPP, GRUEBER, 2011).

Todo o movimento de seguir o PGH acaba por resultar em uma série de atores que são marcados por suas heterogeneidades representadas pela Figura 2 a seguir.



**Figura 2:** Rede de atores que compuseram o PGH e seus campos

Fonte: Os autores

Observa-se que apesar de haver um núcleo com componentes mais tecnocientíficos (em vermelho) este não deixa de estar aberto (representado pelas linhas tracejadas) para que haja o recrutamento (linhas não tracejadas) de outros atores, de outros campos, no intento de estabilizar o PGH. Podemos perceber a presença dos campos, em sentido horário, Social (em laranja), Político (em Amarelo), da Subjetividade (em roxo), da Mídia (em ciano), Econômico (em verde) e da Saúde (em azul). Nota-se que não é apenas o campo tecnocientíficos que se encontra aberto, mas os outros campos também, ressaltando que a rede do PGH não apenas arregimenta, mas também produz os outros campos.

O PGH atrelou a participação de governos, cientistas, agências financiadoras, indústria, dinheiro, sequenciadores, interesses econômicos e financeiros, softwares, banco de dados – e obviamente os reagentes, técnicas estatísticas, supercomputadores, pessoal técnico especializado, amostras, tecidos humanos e toda sorte de instrumentos e técnicas necessárias ao sequenciamento do DNA e análise dos resultados, não mencionados diretamente aqui para não sobrecarregar o texto. Deve-se notar também que o anúncio em primeira mão dos resultados preliminares de um projeto dessa magnitude foi feito ao público por um presidente e um primeiro-ministro de estado – e não podemos nos esquecer que a estes

estão atrelados milhões de eleitores. Deste modo, estes governantes tornam-se representantes ou “porta-vozes” (LATOURET, 2000) do PGH que também dispõem em uma única rede grupos rivais e com objetivos e características diferentes (GLASNER, 2002; PENA, 2010).

### **Sobre os aspectos internos e externos à comunidade científica no encontro com o híbrido projeto genoma humano (PGH)**

Neste momento, nos permitimos suspender um pouco esse rastreamento do Projeto Genoma Humano para retomamos alguns dos pontos que foram sistematizados no quadro 1, anteriormente, – enquanto aspectos internos e externos à comunidade científica – propondo associá-los a elementos sobre a história do PGH. Orientados pelos referenciais latourianos e na Teoria Ator-Rede lançamos um conjunto de observações com o intuito de provocar reflexões sobre como as realidades produzidas pelo PGH dificultam a tarefa de alocar essa entidade híbrida em categorias (internas e externas).

### **Quão “internos” seriam os aspectos internos à comunidade científica?**

Quando se sustenta que o papel da comunicação científica seria interno à comunidade científica, como

explicaríamos as diferenças entre as formas de publicação e acesso aos resultados das pesquisas promovidos pelos dois grupos de pesquisadores no PGH, públicos e privados? Nessa breve história, vimos que os critérios para comunicação científica se alteraram em um mesmo programa de pesquisa de modo que um disponibilizou seus resultados de forma gratuita e pública enquanto outro restringiu o uso para dentro dos limites comerciais. Podemos entender então que, nesse caso do Projeto Genoma Humano, os investimentos diferenciados (público ou privado) permitiu a formação de campos científicos, pesquisas, pesquisadores e de comunicações científicas com atuação distinta. Isso, por sua vez, não implicaria em assumir que estes atores seriam apenas meros agentes passivos do poder financeiro, já que colaboraram, contribuíram, autorizaram quando solicitaram tal verba.

Como seria possível rotularmos as ações do geneticista americano Walter Bodmer e do biólogo sul-africano Sydney Brenner no PGH como aspectos exclusivamente internos à comunidade científica? Afinal, foi justamente pelas suas capacidades de arrematar pesquisadores e laboratórios ao redor do mundo que se obteve os bilhões de dólares necessários para o desenvolvimento do projeto. É muito provável que Bodmer e Brenner não seguiram uma cartilha ou protocolo que rezaria por suas relações profissionais e formas de cooperações

entre os cientistas estritamente delimitada nos centros de ciências. Essa deontologia que guiaria e permitiria esses cientistas conquistarem diferentes territórios extrapolaram os laboratórios sendo constituída nas complexas e intrincadas relações destes com pares, os financiadores, o público geral e os objetos. Compondo assim o movimento científico que Bruno Latour belamente ilustrou com a metáfora do “fluxo sanguíneo da ciência”, marcado pelos processos de autonomização, formação de alianças, representação pública e mobilização de mundo. (LATOURE, 2017)

Ainda, como dizer que a formação da personalidade, dos valores éticos, morais e da identidade de gênero dos cientistas seriam aspectos exclusivos da comunidade científica? A grande esperança e entusiasmo depositado por Watson e outros pesquisadores sobre o PGH de uma futura aplicação à medicina visando melhoria da qualidade de vida dos humanos são valores que interessam além das comunidades científicas. Afinal, visariam estes cientistas, como sustenta Daniel Koshland, que o projeto poderia ter impacto até mesmo na vida de povos distanciados dos centros de pesquisa, como os sem-teto.

## **Quão “externos” seriam os aspectos externos à comunidade científica?**

Em que bases nos assentariamos para dizer que a participação de Bill Gates e Tony Blair seria vista como um aspecto externo da influência na ciência ou do apoio político a pesquisa? Por serem “somente” políticos e não cientistas? Ora, mas é justamente pelas ações desses políticos (e de outros) em conjunto com os pesquisadores das iniciativas públicas e privadas que se permitiu que o PGH acontecesse. Afinal, uma ciência, ou melhor, uma pesquisa científica só acontece com financiamentos e financiadores públicos e/ou privados. Além do mais, muito se especula sobre as relações entre os objetos de interesse de pesquisadores, dos centros de pesquisa e dos financiadores implicando, por sua vez, na valorização de certas áreas do conhecimento em detrimento de outras.

Ao sustentar as relações entre Ciência e Religião como aspectos externos a comunidade científica, não estaríamos excomungando o físico e bioquímico americano Walter Gilbert do ciclo de pesquisadores? Esse cientista lança mão da conhecida metáfora do Santo Graal para destacar a importância do PGH como alusão a uma possível reconfiguração da maneira como nos veremos dado o impacto dos resultados do projeto. Como se notam nos vários registros da história da ciência e dos cientistas, as relações entre estes e outros saberes não-

científicos, se mostram por vezes harmoniosas, desimportantes, assim como, complexas, não tão claras e, até mesmo, contraditórias. Por isso, não é possível afirmarmos, categoricamente, que todas as outras formas de orientações religiosas ou metafísicas ficam de fora do laboratório quando os cientistas desenvolvem suas pesquisas.

Quanto ao papel da imprensa na divulgação científica como um aspecto externo à comunidade de pesquisadores, ao adotarmos essa perspectiva não estaríamos pormenorizando a importância do trabalho dos jornalistas Bishop e Waldholz na repercussão e visibilidade do Projeto Genoma Humano? Estes jornalistas científicos foram personagens com atuação reconhecida pelos próprios cientistas, como testemunhou Watson. Precisamos concordar que se deixássemos para os cientistas a tarefa de enquanto desenvolverem suas pesquisas, buscarem financiamentos e recursos materiais, negociando com os pares para publicação e ainda o de serem, os únicos responsáveis por traduzir a ciência para o público leigo, estaríamos com sérios problemas. Pobre dos cientistas e mais ainda do público leigo. O campo da divulgação científica situa-se justamente na zona interdisciplinar entre ciência e comunicação e, portanto, não é terreno exclusivo de um profissional específico, mas contribui-se das parcerias entre

cientistas, jornalistas, divulgadores e centros de pesquisa e de comunicação. (Bueno, 2010)

Por fim, ao afirmar que influências da sociedade na ciência seriam elementos de um aspecto externo a comunidade científica não estaríamos promovendo uma concepção de que ainda seria possível identificarmos uma ciência sem influências e, portanto, sem sociedade? Insistir nessa argumentação é assumir o risco de dizer que “os contextos” (histórico, social e cultural) seriam apenas o pano de fundo onde o empreendimento científico jaz ali absoluto e incólume, sofrendo, no muito, algumas influências. Por outro lado, seguindo a linha sociológica de Gabriel Tarde, da qual Latour é influenciado, a sociedade é que precisa ser explicada. (LATOURE, 2011) Assim, enquanto os pesquisadores desenvolvem suas pesquisas será possível vermos como política, cultura, natureza e a própria ciência vão adquirindo seus contornos. Não há um mundo observável, uma realidade essencialmente externa e duradoura, nas circunstâncias dos laboratórios de pesquisa tudo precisa ser instaurado e estabilizado por meios das associações construídas entre os atores e produzindo redes. (LATOURE, 1997, 2012, 2017)

Sendo assim, as questões aqui lançadas não visam serem respondidas já que o propósito deste livro está mais alinhado ao de instaurar uma controvérsia (LATOURE, 2012) do que de

encerrar uma discussão em uma caixa-preta (LATOURE, 2011, 2012). Em nossa perspectiva, essa divisão entre aspectos internos e externos a comunidade científica não daria conta do complexo e complicado modo como a ciência produzida no Projeto Genoma Humano (PGH) produz realidades. Não queremos justificar uma perspectiva transcendente da ciência, já que sabemos que há uma série de populações humanas com outras cosmovisões que sequer as reúnem em torno de algo próximo ao que entendemos como ciência na contemporaneidade. Todavia, com referência nos pensamentos de Latour e nos estudos das ciências propomos que, observar essa história seguindo os rumos em que atores vão conferindo ao PGH é mais frutífero. Já que nos permite construir relatos de risco (LATOURE, 2012) como foco nos atores e suas ações e não partindo de explicações sobre divisões entre o que seria uma epistemologia estritamente científica e o que estaria de outro lado.

## **Desdobramentos do Projeto Genoma Humano (PGH)**

Tendo posto as problematizações anteriores e com o intuito de nos desprender um pouco das amarras das divisões modernas entre questões interna e externas à comunidade científica, propomos continuar a seguir, neste item, esse ator-rede, o PGH.

Consideremos agora que muitas das projeções médicas e farmacêuticas do PGH permanecem no campo das promessas. A terapia gênica, por exemplo, mostrou ser bem-sucedida somente para o tratamento de poucas doenças e a farmacogenômica, com poucas exceções, teve pouco impacto na prática clínica (KELLY, 2013, p. 18-19). Que estes benefícios venham ou não no futuro não está em jogo no presente texto. O que nos interessa no momento é que a nova genética impulsionada pelo PGH teve inúmeras outras consequências para um amplo conjunto de conhecimentos, tecnologias, organizações e atividades sociopolíticas, bem como para produtores e usuários de serviços diversos. Vejamos algumas dessas consequências, pois de nossa perspectiva podem nos informar mais ainda sobre a natureza da ciência.

Atkinson (2013, p. 107), destaca que os resultados do PGH e as inovações que o seguiram foram cercados por discursos de entusiasmo nos campos da biotecnologia e da exploração comercial da ciência genômica. Como vimos, estes interesses já estavam atrelados aos primórdios do projeto. Mas segundo Atkinson, várias agências estatais e do setor privado têm visto as inovações biotecnológicas como o motor de novas formas de economia baseada no conhecimento, o surgimento de novos setores industriais e o desenvolvimento comercial de novas intervenções médicas. Isso leva alguns comentaristas a

sugerirem que estamos testemunhando o surgimento de economias distintas e inovadoras. Waldby e Mitchell (2006), por exemplo, afirmam que podemos identificar “economias de tecido” como componentes significativos no capitalismo tardio contemporâneo. Por exemplo, pele, ossos, embriões e células-tronco são vistos como um aspecto crucial de muitas estratégias econômicas atualmente. Birch (2007, pp. 94-113) argumenta que os EUA construíram um mercado global por meio de mudanças deliberadas na lei e na política industrial destinadas a beneficiar a indústria e os interesses americanos. As mudanças resultaram em acúmulo financeiro e crescimento econômico em um nível desproporcional, sugerindo que os próprios estudos na área de economia devem considerar as relações entre o conhecimento científico e suas relações com os contextos sociais e culturais. Por exemplo, corporações transnacionais de biotecnologia se desenvolveram a partir de fusões e aquisições, de tal modo que as cinco maiores empresas de biotecnologia possuem cerca de 95% de todas as patentes de transferência de genes.

A circulação econômica e o patenteamento de fragmentos de tecido humano levantam profundas preocupações sociais e éticas relacionadas a quem doa ou vende tecido corporal, quem o recebe e quem lucra - ou não - com o acordo comercial. Nesse sentido, Brown e Michael (2004)

argumentam pela necessidade de novas agências reguladoras, pois as novas tecnologias genéticas relacionadas com a farmacogenômica, a engenharia de tecidos e as células-tronco desafiam as identidades das instituições existentes, pois ultrapassam suas fronteiras, seus termos de referência e suas capacidades disciplinares.

De singular importância é o efeito da nova genética sobre o sentimento de identidade. Isso foi demonstrado pelo trabalho de Parfitt (2002). Ele pesquisou vários grupos que se auto identificam como judeus negros. Sua identificação racial com os judeus é uma narrativa coletiva sobre suas origens. Essa narrativa ganhou força adicional, pelo menos aos olhos dos próprios judeus negros, pela identificação de marcadores genéticos que eles compartilham com as populações judaicas em outros lugares. Como afirmam Atkinson e Glasner (2007, p. 7), aqui não importa se essas narrativas genéticas de identidade racial são bem fundamentadas e se investigações futuras irão apoiar ou modificar tais alegações. O importante é que a genômica, pelo menos no imaginário, fornece um idioma poderoso para a expressão da identidade individual e coletiva. Podemos nos referir então ao fato do PGH ter renovado o interesse nas categorias raciais, mesmo quando os cientistas proclamaram o fim das definições biológicas de raça (LESLIE, 2012; veja também PENA, 2005 E TEMPLETON, 1999).

As apostas feitas pelo PGH sobre o tratamento de doença via correção de genes defeituosos estavam assentadas sobre o pressuposto de que o gene é uma entidade bem definida e que seria possível então fazer distinções entre genes normais e genes anormais. No entanto, o que o mapeamento do genoma demonstrou foi que a informação biológica opera em diferentes níveis hierárquicos dentro de complexas redes de interação entre componentes (IDEKER et al., 2001), questionando a ideia de gene como uma unidade. Nesse sentido, Keller aponta uma ironia que resultou dos sucessos do PGH: “embora a linguagem genética esteja mais difundida do que nunca na imprensa popular e científica, o conceito de gene, seja definido estruturalmente ou funcionalmente, tem sido radicalmente minado” (2000, p. 5).

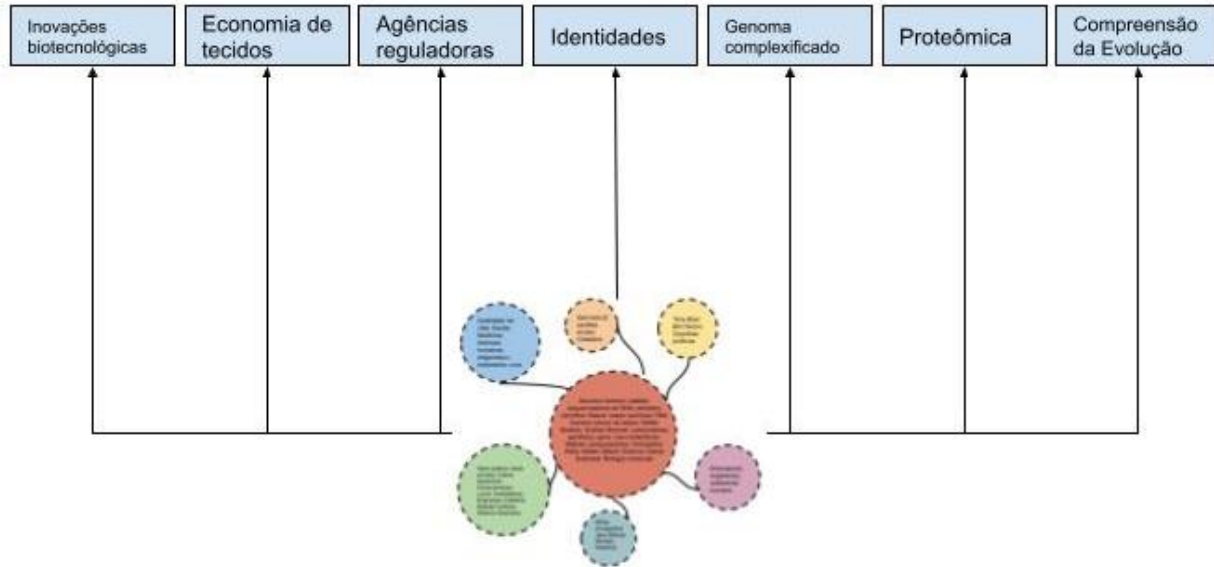
Podemos citar ainda outras consequências sobre o desenvolvimento do conhecimento científico. Por exemplo, o PGH levou ao surgimento da proteômica, uma disciplina focada na identificação, quantificação e análise das proteínas presentes em amostras biológicas distintas, como organelas celulares, órgãos ou tecidos. Também contribuiu para nossa compreensão da evolução, pois com o mapeamento do genoma de outras espécies forneceu *insights* sobre como diversos organismos, de micróbios a humanos, estão conectados na árvore da vida - demonstrando claramente que todas as espécies que existem

hoje descendem de um único ancestral (para todo este parágrafo, veja-se HOOD, ROWEN, 2013).

Neste momento é possível observar como entidades como sociedade, cultura, política, economia e ciência vão emergindo enquanto um conjunto de atores diversos que vão sendo associados produzindo existências relativas ao PGH, como se apresenta na figura 2.

Um estudo sobre o PGH poderia prolongar-se e a tarefa ainda estaria longe de terminar. No entanto, acreditamos ter apresentado o suficiente para extrair as consequências que pretendíamos e realizar aqui um relato capaz de identificar algumas consequências produzidas pela rede em alguns campos que em um primeiro momento foram arregimentados para compor e estabilizar a rede do PGH, mas que em um segundo momento passaram a ser compostos a partir do agir da rede do PGH. Agir este que, em certos casos, não correspondeu com o que era esperado *a priori*, sobressaindo o caráter inesperado da ação.

**Figura 2:** Esquema ilustrativo dos efeitos gerados na rede do PGH.



Fonte: Os autores

**UMA PROPOSTA DE  
ENSINO DE CIÊNCIAS  
SENSÍVEL A OUTRAS  
PERSPECTIVAS DE  
NATUREZA DA  
CIÊNCIA**



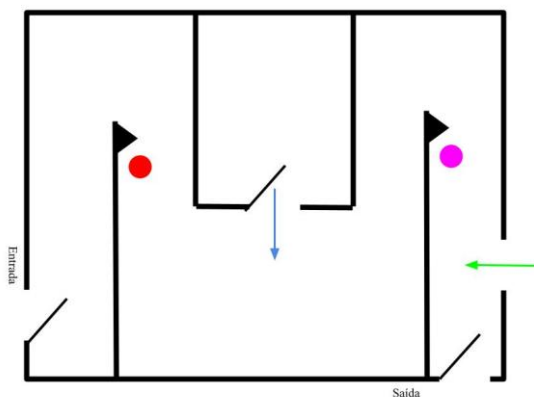
## **A Casa Assombrada com a Teoria Ator-Rede**

Diante de tudo que trouxemos sentimos necessidade de ao menos principiar aqui um modelo conexo à nossa proposta de natureza da ciência que se constrói inspirado pelas reflexões levantadas sobre a experiência do Projeto Genoma Humano, pela proposta de Santos et al (2020) e sob as orientações teórico-conceituais da Teoria Ator-Rede. Desta, trazemos para o ensino uma postura metodológica de que para saber é necessário primeiro investigar, rastrear, identificar e descrever. Do PGH aproveitamos essa experiência para pensar a ciência enquanto um agir nas incertezas e sob os auspícios da supressa da ação. E de ambas, que o conhecimento científico resulta não exclusivamente de redes compostas por entidades científicas, mas também de agentes econômicos, identitários, tecnológicos e políticos. Já da proposta de Santos et al (2020), aproveitamos seu modelo da figuração da roda-gigante nas discussões sobre a natureza da ciência, para estendermos essa analogia à outra atração comum em parques de diversão: *a casa mal-assombrada*. A nossa proposta é que ao percorrer um plano de aula seguindo um determinado conceito, produto ou programa científico alunos e professor podem se nutrir de uma experiência similar ao ato de percorrer os corredores de uma casa mal-assombrada para aprender ciências. Isso envolveria: agir na incerteza, levar sustos, corrigir caminhos, buscar rotas

alternativas, observar pontos de perigo, espreitar o ambiente e, é claro, se divertir.

A proposta se inicia com um convite do professor aos estudantes para visitar um determinado conceito e, a partir de uma breve introdução, começar a segui-lo. Isto pode ser feito, por exemplo, com a estratégia de acumular diversas notícias de jornais, sites, redes sociais e/ou outras fontes midiáticas. Nessas fontes, professor e alunos buscariam o conceito, ideia, conteúdo, procedimento ou questão sócio científica a ser seguida simulando assim um caminhar pelos corredores da casa mal-assombrada, representada na figura 03 a seguir.

**Figura 3:** Planta baixa da casa mal-assombrado que é um conceito científico.



Fonte: os autores

O “primeiro susto” (sinalizado pelo círculo vermelho) se daria pelo encontro com a quantidade de informações e referências sobre o assunto e das questões que emergem: por onde seguir? O que fazer? O que escolher? É preciso tomar decisões e ao se recuperar do primeiro susto é colocada em pauta a estratégia de fazer uma triagem das notícias coletadas sobre onde o nosso objeto de conhecimento deverá ser seguido. Escolhida as fontes, deve-se lê-las com atenção e identificar as pessoas e coisas que estão surgindo: quem e o quê está agindo? O quê está fazendo? Quem está agindo com maior força? O caminhar pelos corredores escuros e incertos continua e logo se chega “ao segundo susto” (apresentado pela seta azul). O assombro que aqui se coloca é que ao se começar a fazer uma marcação das entidades que se associam percebe-se que rapidamente a realidade se multiplica e se complica dado alto número de entidades que vão surgindo. O agir é pulverizado e espalha-se para vários lados. Mapear as identidades envolve observar, calcular e recalculando a rota até que o caminhante identifique o melhor itinerário a ser perseguido. É nesse momento que a casa apresenta o seu “terceiro susto” (representado pelo círculo rosa) quando o professor e estudantes percebem que as notícias escondiam um sem número de entidades que forçam os caminhos para vários lados. Ainda, nota-se, nesse instante, que a ciência não é feita

puramente de entidades científicas, mas que é constituída por uma série de heterogeneidades que em conjunto proporcionam a construção do conhecimento científico (Latour 2017; 2019). Mas, em seguida, é necessário sair da casa, e quando menos se espera, a luz do fim do túnel ainda aponta um “último sobressalto” (representado pela seta verde) que será de fora da casa mal-assombrada. Este envolve perceber que conceito, conteúdo, ideia ou procedimento científico apresentado pela casa mal-assombrada pode estar, de outras maneiras, também nas aulas e livros didáticos de ciência. O ato de assombrar-se não é algo de uma casa, mas de uma perspectiva situada no mundo, uma natureza da ciência que não cabe em alguém ou em algum lugar, mas que se espalha por aquilo e aqueles que se permitem espreitar no mundo.

Essa estratégia da casa mal-assombrada aqui brevemente enunciada ainda carece, obviamente, de melhor desenvolvimento. Mas já destacamos que ela não teria o propósito de amedrontar ou paralisar os estudantes, mas de provocá-los, situá-los no lugar e tempo em que se encontram, sensibilizá-los para as diferenças e sutilezas que se apresentam nos corredores mal iluminados colocando-os sob alerta para agir nesse terreno de incertezas que são as ciências e a própria vida.

**POR UMA NATUREZA  
DA CIÊNCIA QUE NOS  
INCITE A  
QUESTIONAR DO QUE  
E DE QUEM A CIÊNCIA  
É FEITA**

---

Depois de identificar os atores, conectar suas ações e observar alguns dos efeitos que se fizeram emergir no Projeto Genoma Humano (PGH), sustentamos que essa perspectiva de natureza da ciência que separa de antemão aquilo e aqueles que são próprios da ciência e aquilo e aqueles que não os são, pouco conservaria do que se entende por ciência. Afinal, essa divisão, ao ancorar-se de tal modo na epistemologia incidiria uma ruptura das ciências com o mundo, já que institui fronteiras que supostamente indicariam onde começa e termina a ciência, sem, contudo, oferecer os contrastes para isso. Em outra direção, pensamos, tal como Latour, que é mais interessante nos guiarmos pelos valores produzidos pelos modernos que são mantidos em uma rede de heterogeneidades. Nesse sentido, altera-se a questão do que seria interno ou externo a ciência para o que acontece para que a ciência exista. Quais são os valores envolvidos nas diferentes atividades científicas que mantém sustentada essa rede com entidades diversas formadas por políticos, cientistas, genes, instrumentos de laboratório, dinheiro, etc?

Mais ainda, em relação às pesquisas educacionais, podemos colocar as seguintes questões: que novos estudos podemos realizar, no sentido de completar o que aqui foi enunciado? Como articular-se melhor da obra de Latour para levar adiante um entendimento da natureza da ciência? Seria

produtivo nos debruçarmos sobre outros grandes projetos da ciência contemporânea? Como a obra de Latour pode contribuir para a contextualização da ciência contemporânea? Que estratégias podem ser construídas e articuladas com cada nível da educação básica e superior? Como tornar os estudos de ciência parte da formação de professores?

Para o ensino sobre a natureza da ciência, ponderamos que essa mudança de postura implicaria em nos distanciarmos de um modelo de “ciência porosa” que sofreria influências de elementos não-epistemológicos, em que um cientista atua como um ser especial e que habitaria apenas um suposto núcleo duro da ciência. Propomos pensar em uma ciência em rede, composta por um conjunto de atores humanos e não humanos diversos que se associam e que fazem emergir realidades, entre as quais encontramos sociedade, política, natureza, cultura, ciência, cientistas e, é claro, diferentes formas de conhecimento. Assumir o conhecimento científico enquanto produzido *por e com* esses atores implicaria em conduzir o ensino para uma perspectiva que se distanciaria da centralidade do conteúdo científico para se atentar para suas condições de produção, validação e manutenção. (FENWICK, EDWARDS, 2014).

# REFERÊNCIAS



- AAAS (American Association for the Advancement of Science). *Project 2061: science for all Americans*. Washington, DC: AAAS. 1989.
- ABD-EL-KHALICK, F. Nature of Science in Science Education: Toward a Coherent Framework<sup>[1]</sup>for Synergistic Research and Development. In: Fraser, B, J.; Tobin, K. G.; McRobbie, C. J. *Second International Handbook of Science Education*, London: Springer. p. 1041-1060. 2012.
- ABD-EL-KHALICK, F.; LEDERMAN, N. G. Improving science teacher's conceptions of nature of science: a critical review of the literature. *International Journal of Science Education*, 22 (7): 665-701. 2000.
- ALLCHIN, D. Evaluating Knowledge of the Nature of (Whole) Science. *Science Education*, 95(3), 518-542. 2011. <https://doi.org/510.1002/sce.20432>.
- ATKINSON, P. Introduction: genomes and markets. In: ATKINSON, P.; GLASNER, P.; LOCK, M. (Ed.). *Handbook of genetics and society*, London: Routledge. p. 107-109. 2013.
- ATKINSON, P., GLASNER, P. Introduction. New genetic identities? In: Atkinson, P.; Glasner, P. & Greenslade, H. (Eds.). *New Genetics, new identities*, London: Routledge. p. 1-10. 2007.
- ACEVEDO-DÍAZ, J. A.; GARCÍA-CARMONA, A.; ARAGÓN, M. M. Historia de la ciencia para enseñar naturaleza de la ciencia: Una estrategia para la formación inicial del profesorado de ciencia. *Educación Química*, 28(3): 140-146. 2017.

- ACKERSON, V., DONNELLY, L. A. Relationships among learner characteristics and preservice teachers' views of the nature of science. *Journal of Elementary Science Education*, 20 (1), 45–58. 2008.
- ALLCHIN, D. Evaluating knowledge of the nature of (whole) science. *Science Education*, 95(3), 518–542. 2011.
- ALLCHIN, D. Teaching the Nature of Science: Perspectives & Resources. SHiPS Educational Press. 2013.
- ALLCHIN, D. Beyond the Consensus View: Whole Science. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 17(1), 18–26. 2017. <https://doi.org/10.1080/14926156.14922016.11271921>
- ARAGÓN-MÉNDEZ, M. M.; ACEVEDO-DÍAZ, J. A.; GARCÍA-CARMONA, A. Hacia una visión holística de la naturaleza de la ciencia en la formación inicial del profesorado de ciência. *Enseñanza de las Ciencias Núm. Extra: X Congreso Internacional sobre investigación em didáctica de las ciências*. 2017.
- ARAGÓN-MÉNDEZ, M. M.; ACEVEDO-DÍAZ, J. A.; GARCÍA-CARMONA, A. Prospective biology teachers' understanding of the nature of science through an analysis of the historical case of Semmelweis and childbed fever. *Cultural Studies of Science Education*, 14: p. 525-555. 2019.
- BELL, R. L., LEDERMAN, N. G. Understandings of the Nature of Science and Decision Making on Science and Technology Based Issues. *Science Education*, 87: p. 352–377. 2003.
- BHISHOP, J. E., WALDHOLZ, M. Genome: The Story of the Most Astonishing Scientific Adventure of Our Time--The

Attempt to Map All the Genes in the Human Body. New York: Simon & Schuster. 1990.

BLOOR, D. *Conhecimento e imaginário social*. São Paulo. Editora Unesp. 2009.

BLOK, A.; JENSEN, T. E. *Bruno Latour. Hybrid thoughts in a hybrid world*. London: Routledge. 2011.

BROWN, N.; MICHAEL, M.: Risky creatures: institutional species boundary change in biotechnology regulation. *Health, Risk and Society*, 6 (3): 207-22. 2004.

BYBEE, R. W. *Achieving scientific literacy: From purposes to practices*. Portsmouth, NH: Heinemann. 1997.

BUENO, W. Comunicação científica e divulgação científica: aproximações e rupturas conceituais. *Informação & Informação*, 15(1esp), 1-12. 2010. doi: <http://dx.doi.org/10.5433/1981-8920.2010v15n1esp1>

CALLON, M. Some elements of a sociology of translation: domestication of the scallops and the fishermen of St. Brieuc Bay. In: J. Law (ed.) 'Power, Action and Belief: A New Sociology of Knowledge?' *Sociological Review Monograph* 32. London: Routledge and Kegan Paul, pp. 196-233. 1986.

CAREY, S., SMITH, C. On understanding the nature of scientific knowledge. *Educational Psychologist*, 28: 235-251. (1993).

CLOUGH, M. P. Teaching the nature of science to secondary and post-secondary students: Questions rather than tenets. *The Pantaneto Forum*, Issue 25. 2007.

- DAGHER, Z. R.; ERDURAN, S.. Reconceptualizing the nature of science for science education. *Science & Education*, 25, 147-164. 2016.
- DRIVER, R., LEACH, J.; MILLAR, R.; SCOTT, P. *Young people's images of science*. Buckingham, UK: Open University Press. 1996.
- FENWICK, T.; EDWARDS, R. Networks of knowledge matters of learning, and criticality in higher education. *Higher Education*. 67. 10.1007/s10734-013-9639-3. 2014
- GANDOLFI, H. E. In defence of non-epistemic aspects of nature of science: insights from an intercultural approach to history of science. *Cultural Studies of Science Education*, 14: 557-567. 2019.
- GANNETT, L. The human genome project. [Stanford Encyclopedia of Philosophy](https://plato.stanford.edu/entries/human-genome/#HumGenPro). Recuperado de <https://plato.stanford.edu/entries/human-genome/#HumGenPro>. 2008.
- GLASNER, P. Beyond the genome: reconstituting the new genetics. *New Genetics and Society*, 21 (3): 267-277. 2002.
- HODSON, D. Learning science, learning about science, doing science: Different goals demand different learning methods. *International Journal of Science Education*, 36(15): 2534–2553. 2014.
- HOOD, L.; ROWEN, L. The human genome project: big science transform biology and medicine. *Genome Medicine*, 5: 79. 2013. <https://doi.org/10.1186/gm483>

- IDEKER, T.; GALITSKI, T.; HOOD, L. A new approach to decoding life: Systems biology. *Annual Review of Genomics and Human Genetics*, 2: 343–372. 2001.
- IRZIK, G.; NOLA, R. A Family Resemblance Approach to the Nature of Science for Science Education. *Science & Education*, 20(7–8), 591–607. 2011. <https://doi.org/10.1007/s11191-010-9293-4>
- IRZIK, G.; Y NOLA, R. New directions for nature of science research. In: Matthews, M. *International handbook of research in history, philosophy and science teaching*, (pp. 999-1021). 2014. Dordrecht: Springer.
- JUSTI, R.,; ERDURAN, S. *Characterizing Nature of Science: A supporting model for teachers*. Paper presented at the Conference of the International History, Philosophy, and Science Teaching Group, Rio de Janeiro, Brazil. 2015.
- KELLER, E. F. *The Century of the Gene*. Cambridge: Harvard University Press. 2000.
- KELLY, S. E. Introduction. In: Atkinson, P.; Glasner, P. & Lock, M. *Handbook of genetics and society*, London: Routledge. p. 17-20. 2013.
- KOLSTØ S. D. Scientific literacy for citizenship: tools for dealing with the science dimension of controversial socio-scientific issues. *Science Education*, 85 (3): p. 291–310. 2001.
- LATOUR, B. *Jamais fomos modernos*. Rio de Janeiro, Editora 34. 2000.
- LATOUR, B. *A esperança de Pandora*. Bauru, EDUSC. 2001.

- LATOUR, B. *Reagregando o social*. Bauru, SP: EDUSC/Salvador, BA: EDUFBA. 2012.
- LATOUR, B. *Investigação sobre os modos de existência: uma antropologia dos modernos*. Petrópolis, RJ: Vozes, (Coleção Antropologia). 2019.
- LEDERMAN, N. G. Nature of Science: past, present, and future. In: Abell, S. K. & Lederman, N. G. *Handbook of research on Science education*. New York, Routledge. p. 831-879. 2010.
- LESLIE, C. Sequencing genome, naturalizing race. *Science as Culture*, 21 (4): p. 573-581. 2012.
- LEWONTIN, R. O sonho do projeto genoma humano. *Revista Adusp*, 25: 50-74. 2002.
- MAIA, P.; JUSTI, R.; SANTOS, P. Aspects about science in the context of production and communication of knowledge of COVID-19. *Science & Education*, 30: p. 1075-1098. 2021.
- McCOMAS, Seeking historical examples to illustrate key aspects of the nature of science. *Science & Education*, 17(2-3): 249-263. 2008.
- NATURE International human genome sequencing consortium 'initial sequencing of the human genome', 409 (15): 860-921. 2001.
- NRC (National Research Council). A framework for K-12 science education: practices, crosscutting concepts, and core ideas. Washington: National Academy Press, 2012.
- ORESQUES, N.; CONWAY, E. M. Merchants of doubt: how a handful of scientists obscured the truth on issues from

tobacco smoke to global warming. London, Bloomsbury Publishing. 2011.

- LIMA, N. W.; VAZATA, P. A. V.; OSTERMANN, F.; CAVALCANTI, C. J. H.; MORAES, A. G. Educação em ciências nos tempos de pós-verdade: reflexões metafísicas a partir dos estudos das ciências de Bruno Latour. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 19: 55-189. 2019. DOI: <https://doi.org/gpq7>
- PARFITT, T. *The Lost Tribes of Israel: the history of a myth*. London: Weidenfeld and Nicholson. 2002.
- PENA, S. D. Razões para banir o conceito de raça da medicina brasileira. *História, Ciências, Saúde – Manguinhos*, 12 (1): 321-46, 2005.
- PENA, S. D. Dez anos de projeto genoma humano. *Ciência Hoje*. Recuperado de <https://cienciahoje.org.br/coluna/dez-anos-de-genoma-humano/> 2010.
- PRICE, D. J. de S. *Little science, big science and beyond*. New York: Columbia University Press. 1963.
- RUBIO, F. D.; BAERT, P. Politics of knowledge. An introduction. In: *The politics of knowledge*. London: Routledge. p. 1-10. 2012.
- TEMPLETON, A. R. Human races: a genetic and evolutionary perspective. *American Anthropology*, 100: 632-650. 1999.
- TRIPP, S.; GRUEBER, M. *Economic Impact of the Human Genome Project*. Columbus: Battelle Memorial Institute. 2011.

- SANTOS, M.; MAIA, P.; JUSTI, R. Um Modelo de Ciências para Fundamentar a Introdução de Aspectos de Natureza da Ciência em Contextos de Ensino e para Analisar tais Contextos. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 20:581-616. 2020.
- SHAMOS, M. H. *The myth of scientific literacy*. New Brunswick, NJ: Rutgers University Press. 1995.
- SHAPIN, S. Following scientists around. *Social Studies of Science*, 18 (3): 533-50. 1988.
- SHAPIN, S., SCHAFFER, S. *Leviathan and the Air-Pump: Hobbes, Boyle, and the Experimental Life*. Princeton, NJ, Princeton University Press. 2011.
- VENTER, C. et al. The sequence of the human genome, *Science*, 291 (16): 1p. 304-51. 2001
- WALDBY, C.; Mitchell, R. *Tissue economies: blood, organs and cell lines in late capitalism*. Durham, Duke University Press. 2006.
- WATSON, J. D. A personal view of the project. In Kevles, D. J. & Hood, L. (Eds.). *The Code of Codes: Scientific and Social Issues in the Human Genome Project*, Cambridge, Harvard University Press. p. 164 – 173. 1992.

GABRIEL MENEZES VIANA  
RODOLFO DIAS DE ARAÚJO  
FRANCISCO ÂNGELO COUTINHO

# ***BIG SCIENCE E NATUREZA DA CIÊNCIA***

Este livro apresenta possibilidades para se incorporar alguns elementos dos estudos das ciências na compreensão das discussões em torno da natureza da ciência. No campo da educação em ciências, alguns pesquisadores têm optado por estabelecer uma lista com características sobre questões não-epistemológicas da ciência separando-as entre questões internas e externas à comunidade científica. Entendemos que embora esse quadro contribua para uma visualização da ciência enquanto atividade complexa, ele ainda assim colabora para instituir um dualismo típico do pensamento moderno. Portanto, a partir das contribuições dos estudos e pensamentos de Bruno Latour desenvolvemos reflexões propondo um exercício de pensamento a partir da escolha de duas compilações sobre o Projeto Genoma Humano (PGH). Ponderamos, ao final, sobre a possibilidade de sustentar o ensino sobre a natureza da ciência a partir de uma concepção que não faz distinção entre fatores internos e fatores externos à ciência. Ao final, apresentamos também um modelo de como podemos utilizar em sala de aula o que aqui é discutido.

