

APORIAS DENTRO DO MOVIMENTO CIÊNCIA, TECNOLOGIA, SOCIEDADE E AMBIENTE. APONTAMENTOS PARA UMA SOLUÇÃO.

Francisco Ângelo Coutinho
Santer Álvares Matos
Fábio Augusto Rodrigues e Silva

RESUMO: Este artigo traz uma discussão, fundamentada na Teoria Ator-Rede, sobre os estudos da abordagem de ensino CTSA. Nesse trabalho, evidenciamos que os assuntos e temas estudados nas ciências são o resultado de um entrelaçamento de elementos e atores, que para sua compreensão exigem a criação de novas entidades, que não permitem a distinção entre categorias como social e natural. Alguns desses novos objetos são denominados bio-objetos, um conceito que identifica híbridos. Esse conceito se constitui em uma ferramenta heurística para os processos de ensino e aprendizagem de ciências e biologia, pois possibilitam evidenciar as múltiplas associações entre os elementos sociais, econômicos, científicos e tecnológicos e permitem nos distanciar de uma noção essencialista de mundo.

Palavras-chave: Abordagem CTSA, Teoria Ator-Rede, aporias

1. Introdução

Os estudos sobre a perspectiva de ensino em uma abordagem Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA)¹ surgiram há mais de quarenta anos e, ao que tudo indica, o primeiro artigo nessa vertente foi escrito por Gallagher, em 1971 (AIKENHEAD, 1994). Segundo Pedretti e Nazir (2011), Gallagher argumenta fortemente em favor de um modelo de ensino que, para além dos conteúdos específicos da ciência, valorize as relações entre Ciência, Sociedade e Tecnologia. De certa forma, podemos dizer, o espírito que anima essa visão é a intuição básica de que a Ciência não ocorre dentro de fronteiras isoladas do mundo social.

Deve-se considerar, no entanto, que o movimento CTSA não sobreveio de forma homogênea e sem tensões. Durante suas quatro décadas de existência, diversas tendências se constituíram. No intuito de se entender as diferentes temáticas valorizadas por diferentes autores que caem sob o rótulo CTSA, diversas classificações ou tipologias foram propostas. Aqui seguiremos o trabalho de Pedretti e Nazir (2011). Segundo esses autores, o mapeamento do movimento CTSA mostra a existência de seis perspectivas fundamentais, sobre as quais os

¹ Inicialmente, esse movimento era conhecida como ciência, tecnologia e sociedade (CTS). Mais tarde, houve uma modificação para incluir também o ambiente, tornando-se CTSA. No presente artigo, adotamos a sigla mais recente.

autores fazem uma exaustiva caracterização. Para os nossos propósitos no presente artigo, nos deteremos na caracterização das perspectivas, em seus objetivos de ensino/aprendizagem e nas críticas que podem ser relacionadas a cada uma das perspectivas.

A partir dessa caracterização, apontamos a existência de aporias dentro do movimento CTSA e argumentamos que elas colocam dificuldades para o estabelecimento de estratégias de ensino. Em seguida, mobilizamos a teoria ator-rede no intuito de assentar aportes teóricos e metodológicos que nos permitam perseguir soluções para as aporias do movimento CTSA. Obviamente, no âmbito desse artigo seria impossível lidar com todas as aporias do movimento CTSA. Deste modo, o que aqui é elencado deve ficar como um roteiro de trabalho e, no presente artigo, trataremos de estabelecer objetivos mais modestos. Para estabelecermos tais objetivos, precisamos compreender o seguinte: o movimento CTSA parte da ideia de que os elementos Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente desempenham importante influência um sobre o outro e que, portanto, existe uma relação entre eles. Porém, podemos perguntar, qual é exatamente a natureza desta relação? Este, portanto, será o foco principal no presente artigo. Finalmente, nas considerações finais, deixamos alguns apontamentos para trabalhos futuros.

2. A diversidade do movimento CTSA

Em sua caracterização das diversas abordagens dentro do movimento CTSA, primeiramente, Pedretti e Nazir (2011) referem-se à perspectiva *aplicação/planejamento*. Esta perspectiva inscreve os trabalhos que colocam os estudantes em resolução de problemas que envolvem a criação de novas tecnologias ou modificação de tecnologias existentes. Aqui, o foco é a aquisição de conhecimentos disciplinares e habilidades técnicas. Esta perspectiva é criticada por construir uma visão de desenvolvimento tecnológico como destino inexorável e a de que existe uma tecnológica correta para os problemas da sociedade. Critica-se também a possibilidade dessa perspectiva gerar uma visão de Ciência e de seus produtos como objetivos e livres de valores (HODSON, 1998).

A segunda perspectiva descrita por Pedretti e Nazir é denominada de *histórica*. Nessa perspectiva encontram-se os trabalhos que têm como objetivo mais amplo a promoção da Ciência como um assunto que vale a pena pelo seu valor intrínseco, ou seja, por ser uma busca excitante, interessante e necessária. As estratégias são projetadas para evocar emoções e a criatividade dos alunos. O problema dessa perspectiva situa-se no fato de inspirar atividades

de sala de aula que focam basicamente as histórias de sucesso ou estereótipos do herói da Ciência lutando contra o preconceito e a ignorância (ZEIDLER *et al.*, 2002).

A terceira perspectiva é denominada de *raciocínio lógico*. Nesse caso, o movimento CTSA permanece em torno de como melhor aproveitar as questões sociocientíficas nas aulas de ciências. A perspectiva de raciocínio lógico é baseada no princípio fundamental de que qualquer problema sociocientífico, não importa o quão complexo seja, pode ser tratado eficazmente por meio da análise lógica da ciência por trás da questão. O foco é melhorar a compreensão do aluno e o seu posicionamento sobre tópicos sociocientíficos, encorajando-o a pensar como “os cientistas fazem”. Esta perspectiva é criticada por sua limitada visão que iguala pensamento lógico com racionalidade. Em particular, há um esquecimento de que sentimentos, valores, espiritualidade, estética, normas culturais e políticas são tão importantes quanto as considerações de ordem lógica (ALSOP, 2005; JACOBSON e WICKMAN, 2008).

Quanto à quarta perspectiva, denominada *centrada em valores*, Pedretti e Nazir (2011) a caracterizam como aquela composta de trabalhos que afirmam a importância dos valores como parte fundamental das considerações que as pessoas fazem a respeito de tópicos sociocientíficos. Aqui se procura dar atenção às questões éticas encerradas nas escolhas sobre meios e fins. Neste caso, o que se procura é o desenvolvimento moral do estudante. No entanto, esta perspectiva é criticada pelo fato de que qualquer modelo de ensino centrado em valores padece da falta de consenso sobre valores universais (BEAUCHAMP e CHILDRESS, 2008). Em outras palavras, sempre haverá críticos que não concordam com os pressupostos filosóficos subjacentes àqueles que o modelo advoga.

A quinta perspectiva é denominada por Pedretti e Nazir de *sociocultural*. Essa perspectiva discute a necessidade de uma abordagem sociológica à educação científica, de acordo com a qual Ciência e Tecnologia são instituições sociais – entidades internamente organizadas e externamente ligadas à sociedade em geral, envolvidas em política, economia e cultura. Nessa perspectiva, a ciência é compreendida como somente mais uma forma de conhecer, entre outras. Seu foco é que os estudantes compreendam que a Ciência e a Tecnologia existem dentro de um contexto social mais amplo, interagindo ou existindo colateralmente com diferentes formas de conhecer. Essa perspectiva é criticada por aqueles que consideram que o conhecimento científico e os conhecimentos, digamos, "alternativos" são filosoficamente antitéticos e, por isto, não podem ser combinados para formar um programa coerente de educação em ciências (COBERN e LOVING, 2001).

Finalmente, a sexta perspectiva, denominada de *socio-ecojustiça*, compreende a visão de que o propósito último da educação científica é produzir ativistas que lutarão por seus direitos e que trabalharão por uma sociedade mais justa e nos interesses de conservação da biosfera. Assim, o objetivo do ensino de ciências não é somente a compreensão dos impactos da Ciência e da Tecnologia, mas uma crítica e busca de solução para os problemas que afligem a humanidade. Procura-se mostrar também a relevância do indivíduo para o bem-estar mais amplo da sociedade. A esta perspectiva é feita a crítica de ser fortemente tendenciosa, privilegiando uma filosofia política baseada na visão de democracia representativa e em valores políticos neoliberais ocidentais.

3. As aporias do movimento CTSA

Considerando-se o que aqui foi dito, podemos perceber que ao longo de sua existência o movimento CTSA estabeleceu diversos objetivos e estratégias de ensino, partindo de uma compreensão mais ampla de ensinar a ciência enquanto processo e produção humana e não como um conjunto de verdades absolutas. Basicamente, tais propostas procuram romper com a ênfase em uma educação conteudista – na qual os estudantes memorizam um conjunto enorme de conceitos e processos.

Porém, ao mesmo tempo, a partir das críticas às diversas perspectivas, percebemos que o movimento CTSA acabou por encontrar seus próprios limites. As críticas levantadas não são superficiais, pois em conjunto apontam para verdadeiras aporias dentro do movimento CTSA, uma vez que o que se demonstra são as consequências das estratégias educacionais em contradição com os objetivos do movimento CTSA. Dito de forma mais clara, as abordagens CTSA acabaram ensinando justamente o que se queria evitar que fosse ensinado.

Esta constatação é resultado de uma análise que deixa perceber os resultados do movimento CTSA como sendo: 1) ensinar a ciência como conhecimento objetivo e neutro; 2) ensinar a Ciência e a Tecnologia como desenvolvimento inexorável da humanidade; 3) romantizar ou estereotipar a História da Ciência; 4) estabelecer uma concepção estreita de racionalidade, tratando assimetricamente o modo de raciocinar de outros povos; e, 5) estabelecer visões universalistas de valores (sejam morais ou epistemológicos).

Diante dessas aporias, o desejo imediato é o de lançar fora qualquer referência ao movimento CTSA e procurar soluções para a educação científica que sejam menos problemáticas. Nesse caso, a solução do problema não pode ser igualada à sua dissolução. Isto porquê, dentro da comunidade de educadores, tornou-se amplamente aceito que a educação

científica em Ciências da Natureza não é somente sobre conteúdos e conceitos específicos (MATTEWS, 2009). Uma educação científica deveria “ênfatizar elementos sobre a ciência, sua natureza, seus métodos, bem como seus aspectos sociais, ideológicos e históricos” (HOVARDAS e KORFIATIS, 2010). Portanto, as intenções do movimento CTSA continuam a ser exemplares e suas conquistas durante estes mais de quarenta anos não podem ser ignoradas. Ao invés de abandonarmos o movimento CTSA de uma vez por todas, então o melhor é buscar possibilidades analíticas que nos permitam entender a fonte das aporias.

4. A antropologia dos modernos como enquadramento teórico-metodológico.

Nossa busca pela compreensão da fonte das aporias se assenta no entendimento das inter-relações entre os elementos Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente. Para tanto, assentamos na obra de Bruno Latour (1993). Esta escolha justifica-se, por um lado, pela leitura feita atualmente de Bruno Latour e que o coloca entre os mais proeminentes analistas da antropologia da ciência e do que se convencionou chamar de modernidade (HARMAN, 2009; BLOK e JENSEN, 2011). Por outro lado, seu pensamento encontrou acolhimento em outros autores situados dentro do campo dos estudos de ciências e sofreu desdobramentos que estabeleceram um referencial de pesquisas conhecido como *Teoria Ator-Rede*². Esta teoria, atualmente, coloca-se como uma forte ferramenta teórico-metodológica em campos tão diversos quanto a arqueologia, o turismo, a economia, a filosofia, a administração, a psicologia, entre outros, como a sociologia e a antropologia³.

Na área de educação em ciências, alguns trabalhos referem-se à obra de Latour como uma importante referência para a compreensão do significado da produção do conhecimento científico. No entanto, pesquisas com esse viés ainda são incipientes e Latour continua a ser mais conhecido na área de educação em ciências por seus trabalhos de etnografia em laboratórios (LATOURE e WOOLGAR, 1986 [1979]). Menos abordada ainda é a sua agenda mais ampla⁴ cuja intenção é responder à questão: "O que é um Moderno?" (LATOURE, 1993, p. 10). Acreditamos que é justamente aqui que se situa a importância da obra latouriana para a compreensão das inter-relações entre os elementos CTSA.

Ao invés de derivar sua pesquisa a partir da hermenêutica dos grandes pensadores e intelectuais, como o fizeram, por exemplo, Habermas (1987) e Vattimo (1985), Latour

² Esta teoria será caracterizada mais adiante.

³ Para a influência da obra de Latour e da teoria ator-rede, veja-se, por exemplo, Blok e Jensen (2011, p. 21), Cerulo (2009), Dolwick (2009), Fenwick e Edwards (2012).

⁴ Veja-se Blok e Jensen (2011, p. 52).

procura entender o mundo moderno como um antropólogo e, enquanto tal, desloca-se para os espaços onde se desenrolam nossas vidas. É com este propósito que Latour instala-se em laboratórios (LATOURE WOOLGAR, 1986), em tribunais (LATOURE, 2009), em exposições de arte (LATOURE and WEIBEL, 2002) ou acompanhando cientistas em trabalhos de campo, enquanto estes procuram resolver controvérsias científicas (LATOURE, 1999, pp. 24-79). Deste modo, nada mais enganoso do que confundir a metodologia de Latour com a microetnografia. Latour sempre esteve interessado, desde seus trabalhos iniciais, em grandes questões, tais como metafísica, teologia e, ainda, as relações entre as racionalidades Ocidental e não Ocidental⁵.

A escolha da antropologia como inspiração se deve, segundo Latour, ao fato de ser esta a ciência que é capaz de ligar uma ampla variedade de diferentes temas. A aspiração de Latour é fazer algo similar. Ele almeja definir a modernidade falando de muitas e diferentes coisas ao mesmo tempo (BLOK e JENSEN, 2011, p. 54). A questão posta por Latour então é: o que caracteriza este coletivo ao qual chamamos de modernidade?

Para responder a esta questão, Latour introduz um experimento de pensamento⁶ segundo o qual haveria uma *Constituição* que estabelece as regras do pensamento e da ação dos modernos (LATOURE, 1993, p. 13). Em seu experimento de pensamento, Latour imagina que esta *Constituição* moderna age como uma constituição política, atuando como um tipo de lei comum, prescrevendo certas divisões de poderes, direitos e garantias. A *Constituição* moderna define nossa visão da natureza, da ciência, da sociedade, da religião etc. (BLOK e JENSEN, 2011, p. 54) e, por isso, precisa ser desvelada tal como foi feito com a vida dos Achuar.

Latour sugere que a análise dos modernos apresenta um paradoxo estranho. Por um lado, percebemos um intrincado entrelaçamento de toda sorte de elementos e atores. Por exemplo, “camada de ozônio” é um híbrido que mistura as pesquisas dos químicos, as linhas de montagem das indústrias, as decisões políticas dos países industrializados, o padrão de consumo dos países desenvolvidos, o movimento ambientalista e, até mesmo, o Direito e a preocupação com as gerações futuras, ou seja, com pessoas que ainda não nasceram. Latour cita ainda a AIDS, chips de computadores, ovelhas clonadas, doença da vaca-louca,

⁵ Veja-se Blok e Jensen (2011, p. 52).

⁶ A expressão *experimento de pensamento* é introduzida por Blok e Jensen (2011, p. 54) para caracterizar umas das estratégias metodológicas de Latour. Segundo os autores, esta expressão se justifica pelo fato de Latour procurar sumarizar como *tudo* (política, religião, ciência, etc.) tem sido configurado em todo o mundo Ocidental desde meados do século XVI. Deste modo, Latour precisa realizar uma extensiva seleção de ideias e teorias, e articular sua caracterização da modernidade em termos altamente abstratos.

organismos geneticamente modificados, embriões congelados, dentro de uma incontável lista de outros exemplos de tais fenômenos e elementos híbridos. Por outro lado, um aspecto fundamental do mundo moderno é justamente estabelecer categorias rígidas que nos obrigam a distinguir entre conhecimento e interesse, justiça e poder, o social e o natural, ciência e tecnologia. De modo mais claro, haveria na modernidade uma postura metafísica essencialista segundo a qual o mundo deve ser dividido em categorias com fronteiras claras. Eis então o paradoxo: um fenômeno depois do outro mistura aquilo que havíamos pensado ter separado.

Para Latour, nós, os modernos, somos o tipo de pessoa que acredita em categorias ontológicas puras, tais como o econômico, o social, o científico, o natural, o político, o moral e assim por diante. Porém, mais ainda, somos o tipo de pessoas que mantêm essas crenças apesar dos híbridos pulularem a todo instante ao nosso redor. A análise de Latour o leva então a postular dois traços distintivos da *Constituição* moderna, ilustrado na figura 2 (a, b). Enquanto temos um o *trabalho de purificação*, que corresponde à prática contínua e ao esforço discursivo de separar natureza e cultura em dois polos ontológicos distintos, temos também o *trabalho de translação*, que corresponde à prática de criar misturas e novos tipos de entidades, que tornam impossível distinguir entre o social e o natural (BLOK e JENSEN, 2011, p. 55).

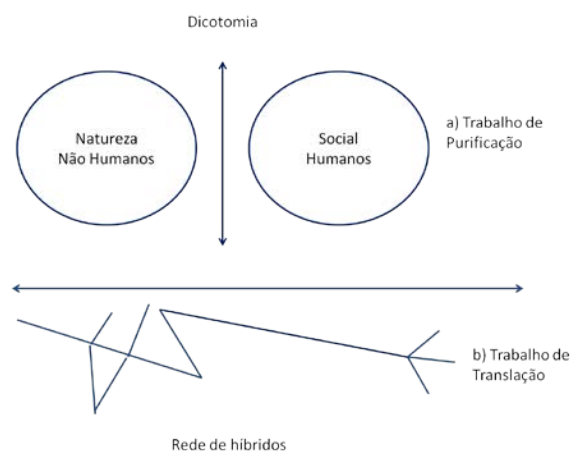


Figura 1. Trabalhos de purificação e translação, segundo Latour (baseado em LATOUR, 1993, p. 11)

Assim, a ANT nos apresenta um território analítico-conceitual que nos permite entender as relações CTSA como trajetórias dentro de uma intrincada rede formadora de híbridos que se recusam a uma posição confortável, seja no polo da natureza ou da cultura, da ciência ou da tecnologia, do direito ou da economia. Entender as inter-relações entre CTSA equivale, portanto, a recusar o esforço de purificação na medida em que se acatam os momentos de translação.

5. A fonte de todas as aporias

Como vimos, a *Constituição* moderna nos indica pensar a sociedade como um território separado da natureza e onde se desenrolam as atividades de produção do conhecimento e o desenvolvimento tecnológico. Assim, dentro do quadro conceitual moderno, quando falamos das inter-relações entre CTSA, por um lado, somos obrigados a pensar mais ou menos assim: ciência e sociedade são polos separados; tecnologia e ciência são atividades que acontecem dentro da sociedade; se há relação entre os elementos Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente, é porque o desenvolvimento dos dois primeiros leva à modificações (boas ou más) da sociedade e do ambiente.

Dentro dessa perspectiva, traçar relações é impossível. O máximo que se pode fazer é estudar os efeitos do desenvolvimento científico e tecnológico sobre a sociedade e o ambiente. Porém, nesse caso, temos uma situação estranha – ciência e tecnologia são percebidas como elementos autônomos correndo soltas às expensas da sociedade.

Por outro lado, contra a posição caracterizada anteriormente, alguns sociólogos da ciência procuram estabelecer relações causais entre o que chamam de sociedade ou social e a produção do conhecimento e o desenvolvimento tecnológico. Nestes casos, o social, por meio de fatores políticos, econômicos, interesses particulares de determinados grupos etc. seria uma fonte explicativa para um modo particular de como determinado conhecimento ou artefato tecnológico veio a ser produzido. Por exemplo, um sociólogo da tecnologia poderia se referir a questões de gênero ao atribuir o desenvolvimento de bicicletas mais seguras – que substituíram aquelas com quadro de madeira – ao espírito competitivo de jovens atletas masculinos (BLOK e JENSEN, 2011, pp. 107-108). Ou, como fez Forman (1971 *apud* BLOK e JENSEN, 2011, p. 8), poderia atribuir o surgimento da mecânica quântica a fatores macrossociais, tais como o clima de instabilidades cultural e política dominante na República de Weimar, nos anos entre as duas grandes guerras mundiais.

Nesse caso, também estamos diante de uma situação estranha. Os processos de ensino-aprendizagem poderiam se basear em episódios exemplares, como os expostos nos parágrafos anteriores, e ter-se-ia estabelecido uma estratégia de ensino. No entanto, a concepção que se estabeleceria é a de ciência como um elemento passivo diante da sociedade.

Aqui, de nossa concepção, nos deparamos com a fonte de todas as aporias. Nossa perspectiva é que o movimento CTSA não prestou atenção suficiente à natureza das relações entre esses elementos e, assim, foi obrigado a trabalhar dentro dos preceitos da *Constituição*

moderna. Ao proceder desse modo, esqueceu-se do tremendo esforço necessários para se construir objetos científicos – esforço esse que envolve uma intrincada rede de ciência, tecnologia, sociedade e natureza, fato e valor. Além disso, não prestou suficiente atenção às práticas que produzem esses objetos.

6. Considerações finais

Nesse artigo apresentamos aporias que surgiram no movimento CTSA, ao longo de seus quarenta anos de existência. A partir da obra de Latour e de sua análise da modernidade, fomos capazes de identificar a possível fonte dessas aporias. No entanto, um trabalho mais sistemático deve ser realizado para o tratamento dessas aporias, de um ponto de vista analítico. Somente um trabalho com tal ambição poderá avaliar a consistência de nossas intuições. De qualquer modo, acreditamos que a obra de Latour e seus desdobramentos na teoria ator-rede apontam para possibilidades de ensino e pesquisa na área de educação em ciências, com vistas a tratar os temas dentro de uma abordagem CTSA.

Agradecimentos. Os autores são gratos ao CNPq e à FAPEMIG pelo apoio financeiro. O primeiro autor é grato ao CNPq pela bolsa de produtividade em pesquisa.

7. Referências

AIKENHEAD, G.S. The social contract of science: implications for teacher science. *In: SOLOMON, J.; AIKENHEAD, G. (Ed.). STS Education: International Perspectives on Reform.* New York: Teachers College Press, p. 11-20, 1994.

ALSOP, S. (Ed.). *Beyond Cartesian dualism: Encountering affect in teaching and learning of science.* Dordrecht: Springer, 2005.

BEAUCHAMP, T., e CHILDRESS, J. *Principles of biomedical ethics,* New York: Oxford University Press, 2008.

BLOK, A. e JENSEN, T. E. *Bruno Latour: hybrid thoughts in a hybrid world.* New York: Routledge, 2011.

CERULO, K. A. Nonhumans in social interaction. *Annu. Rev. Sociol.*, 35: 531-552, 2009.

COBERN, W. W., and LOVING, C. C. Defining “science” in a multicultural world: Implications for science education. *Science Education*, 85 (1): 50 – 67, 2001.

DOLWICK, J. S. ‘The Social’ and beyond: introducing actor-network theory. *J. Mari. Ach.*, 4: 21-49, 2009.

FENWICK, T. e EDWARDS, R. *Researching education through actor-network theory.* Oxford: Wiley-Blackwell, 2012.

- HABERMAS, J. *The Philosophical Discourse of Modernity*. Cambridge: MIT Press, 1987.
- HARMAN, G. *Prince of networks: Bruno Latour and metaphysics*. Melbourne: Re.Press, 2009.
- HODSON, D. Science fiction: The continuing misrepresentation of science in the school curriculum. *Curriculum Studies*, 6 (2): 191 – 216, 1998.
- HOVARDAS, T. e KORFIATIS, K. Towards a critical re-appraisal of ecology education: scheduling an educational intervention to revisit the ‘balance of nature’ metaphor. *Science and Education*. DOI 10.1007/s11191-010-9325-0. 2010.
- JACOBSON, B., e WICKMAN, P. O. The roles of aesthetic experiences in elementary school science. *Research in Science Education*, 38 (1): 45 – 6, 2008.
- LATOUR, B. *Science in action. How to follow scientists and engineers through society*. Cambridge: Harvard University Press, 1987.
- LATOUR, B. *We have never been modern*. Cambridge: Harvard University Press, 1993.
- LATOUR, B. *The pandora's hope: Essays on the Reality of Science Studies*. Cambridge: Harvard University Press, 1999.
- LATOUR, B. and WEIBEL, P. (Eds.) *What is an iconoclach*. Cambridge: MIT Press, 2002.
- LATOUR, B. *The Making of Law: An Ethnography of the Conseil d'Etat*. Malden: Polity Press, 2009.
- LATOUR, B. e WOOLGAR, S. *Laboratory life. The construction of scientific facts*. Princeton: Princeton University Press, 1986 [1979].
- MATTHEWS, M. R. Teaching the philosophical and worldview components of science. *Science & Education*. DOI 10.1007/s11191-007-9132-4. 2009.
- PEDRETTI, E. e NAZIR, J. Currents in STSE education: mapping a complex field, 40 years on. *Science Education*, 95: 601-626, 2011.
- REISS, M. The use of ethical frameworks by students following a new science course for 16 – 18 year olds. *Science & Education*, 17: 889 – 902, 2008.
- VATTIMO, G. *La fine della modernità*. Milano: Garzanti, 1985.