



Ensino de matriz energética na educação CTS: uma demarcação conceitual

An energetic matrix of teaching in Science, Technology-Society (STS) education: defining a conceptual framework

Tiago Clarimundo Ramos

Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde
tiagoclarimundo@ig.com.br

Marcos Fernandes Sobrinho

Instituto Federal Goiano – Campus Urutaí
marcos.sbf@gmail.com

Wildson Luiz Pereira dos Santos

Universidade de Brasília – Campus Darcy Ribeiro
wildson@unb.br

Resumo:

Na condição de um estudo teórico, este artigo objetiva construir racionalizações em torno do significado de um ensino de matriz energética na educação Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS), que extrapolam o reconhecimento de diferentes impactos de determinada matriz, adentrando-se em aprofundamentos ao campo conceitual de educação CTS crítica preocupada em problematizar contradições e inconsistências presentes no atual modelo de produção e consumo que requer quantidades insustentáveis de energia degradada. Nessa direção, as discussões acerca do ensino de matriz energética frente às injustiças sociais e ambientais, no contexto do uso de energia e de materiais, não podem permanecer silenciadas. Até mesmo em razão de que esse ensino acaba por reforçar concepções de neutralidade da ciência e tecnologia, balizadoras de um modelo de crescimento ilimitado que ignora limites entrópicos. Diante disso, reclama-se por mudanças no olhar de educadores e educandos sobre modelos de ciência, de tecnologia e de sociedade em direção a uma matriz energética mais sóbria. Em síntese, essa preocupação não pode se reduzir somente à busca por novas tecnologias de energia “mais limpa” e renovável, mas deve atentar-se, principalmente, para estilos de vida em sociedade que sejam mais comprometidos com a sobrevivência digna de gerações de hoje e do futuro.

Palavras-chave: Ensino de matriz energética; educação CTS; educação CTS crítica.

Abstract:

Assuming its theoretical nature, this article aims at developing rationales about the meaning of an energetic matrix of teaching in Science-Technology-Society (STS) education that goes beyond the recognition of different impacts of a given matrix, by focusing on exploring the conceptual field of STS critical education. This educational approach aims at discussing the contradictions and inconsistencies of the current production and consumption model, which requires unbearable amounts of degraded energy. In this sense, discussions regarding an energetic matrix of the teaching process in face of social and environmental injustices, and in the context of the use of energy and materials, cannot remain silenced. Especially considering that this kind of teaching ends up reinforcing neutrality conceptions of science and technology, which defines an unlimited growth



model that ignores entropic limits. Hence, changes in educators and students' conceptions about science, technology and social models are claimed, towards a more sober energy matrix. In short, this concern cannot be restricted to the search for new, "cleaner" and renewable energy technologies; especial attention must be given to social lifestyles that are more committed to the dignified surviving of current and future generations.

Keywords: Energy matrix teaching; STS education; critical STS education.

Resumen:

En el marco de un estudio teórico, este trabajo tiene como objetivo construir racionalizaciones sobre el significado de una enseñanza de matriz energética en la educación Ciencia-Tecnología-Sociedad (CTS) que van más allá del reconocimiento de los diferentes impactos de una determinada matriz, profundizándose en el campo conceptual de educación CTS crítica, que se preocupa con discutir las contradicciones e inconsistencias presentes en el actual modelo de producción y consumo que requiere cantidades insoportables de energía degradada. En esta dirección, las discusiones acerca de la enseñanza de la matriz energética, en comparación con las injusticias sociales y medioambientales en el contexto del uso de energía y materiales, no pueden quedarse silenciadas. Incluso, debido a que esa enseñanza termina por reforzar los conceptos de neutralidad de la ciencia y la tecnología, que fundamentan un modelo de crecimiento sin límites y que ignora los límites entrópicos. Por lo tanto, se reclama por cambios en los ojos de los profesores y estudiantes en los modelos de la ciencia, la tecnología y la sociedad hacia una matriz energética más sobria. En resumen, esa preocupación no puede reducirse sólo a la búsqueda de nuevas tecnologías de energía "más limpia" y renovable, sino que debe poner atención, sobre todo para los estilos de vida en la sociedad que están más comprometidos con la supervivencia digna de las generaciones de hoy y del futuro.

Palabras-clave: Enseñanza de matriz energética; educación CTS; educación CTS crítica.

Introdução

Nas últimas décadas, tem-se manifestado no mundo uma crescente preocupação em enfrentar os problemas energéticos; e, com isso, questões diversas envolvendo segurança, economia e sustentabilidade têm mobilizado a sociedade, mormente no intuito de rever aplicações e buscar usos mais adequados para as fontes que restam (Hodge, 2011). Nesse contexto, entretanto, se coloca um desafio por demais contraditório que diz respeito conciliar crescimento econômico com minimização de prejuízos gerados pelas ações antrópicas. De igual modo, há outro aspecto muito preocupante concernente à fé incondicional em tecnologias cuja viabilidade não foi sequer comprovada; a ponto de admitir que a tecnologia dependa apenas de engenhosidade e preços relativos (Cechin, 2010).

[...] considera que a tecnologia é capaz de promover qualquer substituição necessária. Assim, não percebe os limitantes biofísicos das tecnologias nem a singularidade dos serviços prestados pela natureza, essenciais para a sobrevivência humana, logo, insubstituíveis, mas, sem preço de mercado. Não se trata de otimismo sóbrio da vontade, e, sim, do otimismo panglossiano típico dos economistas cuja preocupação ambiental se limita aos efeitos que um problema ambiental possa ter no crescimento econômico. (Cechin, 2010, p. 191)



Latouche (2012) critica que a riqueza não é feita apenas de dinheiro. A verdadeira riqueza precisa levar em conta outros fatores, em especial, aqueles relacionados à qualidade de vida das pessoas. Assim como Cechin (2010) acrescenta que o usufruto de algo no presente pela sociedade – entendida como entidade virtualmente imortal, como nação ou espécie humana – tem se traduzido em dívidas a serem pagas por indivíduos que nem se quer nasceram. Assim, para que sociedades afluentes aceitem restrições, no sentido de estabilizar ou reduzir o nível de consumo, pressupõe-se educar com base em outros valores, em oposição ao comportamento dos agentes econômicos atuais.

Considerando isso, na condição de um estudo teórico, objetiva-se com este trabalho construir racionalizações em torno do significado de um ensino de matriz energética na educação Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS) que extrapolam o reconhecimento de diferentes impactos de determinada matriz, adentrando-se em aprofundamentos ao campo conceitual de educação CTS crítica, que se preocupa em problematizar contradições e inconsistências presentes no atual modelo de produção e consumo que requer, cada vez mais, quantidades insuportáveis de energia degradada. O interesse por essa demarcação conceitual emergiu da revisão de literatura de uma pesquisa de doutorado (do primeiro autor) sobre ensino de matriz energética na educação CTS, na qual constatou lacunas em estudos dessa temática em 36 artigos publicados, no período de 1988 a 2013, em periódicos (nacionais e internacionais) das áreas de Educação e/ou Ensino de Ciências – de estratos webqualis A1, A2 e B1, em 2013, segundo Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

CTS e ensino de Ciências

Particularmente após a Segunda Guerra Mundial e no período que se prolongou ao longo do século passado, a humanidade começou a tomar conhecimento de uma série de problemas sociais, econômicos e ambientais provenientes do desenvolvimento científico e tecnológico. É nesse contexto que surge CTS como um movimento de abrangência mundial, tanto no cenário europeu e norte-americano, como na América Latina.

Enquanto na tradição CTS europeia – de origem predominantemente acadêmica – havia uma ênfase em explicar, a partir de um marco das Ciências Sociais (como Sociologia, Filosofia, Antropologia, etc.), o modo como a diversidade de fatores sociais influenciava a mudança na ciência e tecnologia; na tradição CTS norte-americana, o caráter social e ativista era mais forte. Embora também estivesse presente nas universidades, sua maior preocupação era avaliar possíveis impactos socioambientais ocasionados pelo desenvolvimento científico e tecnológico (González García, López Cerezo, & Luján López, 1996).

Por outro lado, na América Latina, havia outra preocupação que era imanente a questões locais e se manifestava nas próprias políticas públicas que tinham como centro a Política Científica e Tecnológica e almejavam maior autonomia no plano internacional, equidade econômica e justiça social. Conforme esclarece Vaccarezza (1998), isto veio a se traduzir em uma reflexão de ciência e tecnologia como competência das políticas públicas, que se configurou como um Pensamento Latino-americano em Ciência-Tecnologia-Sociedade (PLACTS).



Ademais, na educação, um elemento chave no campo de estudos CTS consiste na reformulação do currículo, com vistas às mudanças na imagem de ciência e tecnologia (CT) (Auler, 2002). Essa renovação educativa requer mudanças tanto no olhar de educadores quanto de educandos a fim de que se consiga transformar o ensino de conteúdos distantes e fragmentados em outro que seja inserido em contextos sociais mais amplos (von Linsingen, 2007), em que se possam enfatizar vários conhecimentos integrados, até mesmo aqueles relativos ao raciocínio moral e aos valores (Aikenhead, 2006). De outro lado, esse argumento de relevância social jamais deve ser posto a serviço de um discurso de manutenção do *status quo* do processo opressor que marca o mundo globalizado, em que valores de dominação, poder e exploração sobrepõem às condições humanas (Santos, 2008).

Auler e Delizoicov (2001) explicitam duas perspectivas que permeiam CTS e o currículo de Ciências: a reducionista e a ampliada. De um lado, a reducionista não considera construções subjacentes à construção de conhecimentos científicos e tecnológicos, reforçando uma concepção de neutralidade da CT que conduz aos mitos da superioridade do modelo de decisões tecnocráticas, perspectiva salvacionista da CT e determinismo tecnológico. Essas construções, consideradas pouco consistentes, são entendidas como pilares que realimentam o modelo linear de progresso (DC→DT→DE→DS¹) e que estão apoiadas na suposta neutralidade da CT. Em contrapartida, a perspectiva ampliada busca compreender as inter-relações CTS por meio da problematização e superação desses mitos. Auler (2007, 2011) defende, inclusive, que essa problematização deve levar à constituição de novos conhecimentos, valores democráticos sustentáveis e novas práticas, nas quais os estudantes aprendam participando. Assim como acrescenta von Linsingen (2007), com efeito de transformar o ensino de conteúdos científicos supostamente neutros e autônomos, em outro que seja inserido em contextos sociais mais amplos de situações vividas.

[...] educar para estabelecer relações de compromisso entre o conhecimento tecnocientífico e a formação para o exercício de uma cidadania responsável, visando à máxima participação democrática, implica criar condições para um ensino de Ciências contextualizado, social e ambientalmente referenciado e comprometido. (von Linsingen, 2007, p. 14)

Introduzir o estudo das dimensões sociais da ciência e da tecnologia é uma das responsabilidades da escola. Até mesmo porque os estudantes de hoje são cidadãos que viverão suas vidas no terceiro milênio:

[...] e, portanto, é necessário proporcionar-lhes elementos de reflexão sobre acontecimentos que ocorrerão e que terão importância decisiva nos seus percursos de vida tal como o desenvolvimento da ciência e tecnologia e que irão revolucionar drasticamente as suas vivências. Assim, cada vez mais, faz menos sentido pensar no conhecimento científico fora do contexto da sociedade e do desenvolvimento tecnológico atual. (Praia & Cachapuz, 2005, p. 191)

Para Japiassu (2005), isso pode servir para ampliar a formação dos jovens no sentido de transformá-los em uma geração de sujeitos livres, que sejam melhores capacitados para compreender por si mesmos o Universo que os cerca e sua real significação. Diante do exposto, CTS tem muito a contribuir com o ensino de Ciências, porém, não pode se omitir do compromisso de instigar o aluno

¹ González García, López Cerezo e Luján López (1996), citados por Auler e Delizoicov (2001), contrapõem-se ao modelo linear de progresso, no qual desenvolvimento científico (DC) determina desenvolvimento tecnológico (DT) que, por sua vez, gera desenvolvimento econômico (DE) e, inexoravelmente, se traduz em desenvolvimento social (DS – bem-estar social).



a refletir sobre “sua condição no mundo frente aos desafios postos pela ciência e tecnologia” (Santos, 2008, p. 122). Assim, mais do que a adoção de um *slogan*, compete aos pesquisadores que atuam em CTS definir, com maior clareza conceitual, o real significado que se atribui à perspectiva crítica de educação CTS.

Educação CTS crítica e limites de crescimento

A engrenagem da CT é condicionada, sobretudo por valores sociais e está voltada em grande parte para manter funcionando um modelo desenvolvimentista perverso, no qual se prioriza fatores econômicos de maximização de lucros e eficiência de processos industriais, sem demonstrar comprometimento algum com as repercussões sociais e ambientais nas gerações de hoje e do futuro. Diante disso, Praia e Cachapuz (2005), concordam que o ensino de Ciências deveria preocupar-se mais em desmistificar as faces humanas da CT e suas problemáticas, por meio de reflexões sobre ciência, tecnologia e sociedade e suas inter-relações.

Nesse contexto, segundo alguns autores (Auler, 2011; Santos, 2008, 2009), há bases consistentes nos pressupostos de Paulo Freire para abordar as inter-relações CTS na educação escolar. Em Freire (1982), alfabetizar é muito mais do que leitura de palavras, mas compreende uma leitura crítica de mundo que conduz ao (des)velamento de mitos que enganam e ajudam a manter uma estrutura de dominação. Ao proclamar a pedagogia do oprimido, o autor aponta para uma pedagogia humanista e libertadora, na qual os oprimidos precisam desvelar o mundo da opressão e comprometer-se na práxis com sua transformação em um processo de permanente libertação.

“[...] Freire propôs uma educação que estimulasse a colaboração, a decisão, a participação, a responsabilidade social e política e, acima de tudo, a constituição de um sujeito autônomo. Falava em educação como um ato de transformação, da necessidade tanto do aluno conhecer os problemas sociais que o afligiam quanto de se estimular o povo a engajar-se na vida pública. (Gehlen, Auth, Auler, Araújo, & Maldaner, 2008, p. 8).

De acordo com Auler (2011, pp. 75-76):

[...] uma leitura crítica do mundo contemporâneo, para o engajamento em sua transformação, torna-se, cada vez mais, fundamental uma compreensão crítica sobre as interações entre CTS, considerando que a dinâmica social contemporânea está progressivamente condicionada pelos avanços no campo científico-tecnológico.

Para Delizoicov (2008), o estabelecimento de conexões entre Freire e CTS compete, sobretudo, em assumir uma opção político-ideológica explícita sobre o real propósito de uma perspectiva CTS na educação escolar. Semelhantemente, no entendimento Auler (2007), importa que o ser humano seja reconhecido como sujeito e não como objeto histórico – a fim de romper com o que Freire denominou de “cultura do silêncio” –, ao mesmo tempo em que se deve democratizar a participação em tomadas de decisão em temas sociais relativos à CT.

Auler (2011, p. 92) reconhece que reduzir o papel da educação à apropriação da cultura implica apropriar-se de uma “cultura que é consumista (pano de fundo a degradação socioambiental), de valores consumistas, de valores tecnocráticos, alicerces da sociedade industrial capitalista, ou seja, sua reprodução”. Fourez (1995), por sua vez, considera que praticar um ensino de Ciências balizador de uma ciência absoluta e neutra é algo inaceitável. Haja vista que isso só é possível



quando se dispõe a esconder particularidades de nossa sociedade, de nossa visão e da nossa situação; tal postura, porém, conduz a uma sociedade tecnocrática onde se busca legitimar decisões sociopolíticas unicamente pela lógica científica. Por isso, convém revelar as limitações da ciência, conforme sugere Solomon (1998), ampliando a consciência do estudante acerca de diferentes explicações, no sentido de rever aquilo que muitas vezes é apresentado como solução de um problema. Graças à ideia de inovação e fé no progresso há solução para qualquer problema. Porém, aqueles que aderem a esse pensamento determinista e linear, negam a existência de limites:

[...] aplicam taxas de desconto altas aos custos futuros, supervalorizando o presente e desvalorizando o futuro. Acham que reduzir as emissões acima de uma taxa de 1% ao ano seria insuportável para economia (isto é, diminuiria as taxas de lucro e, portanto, a criação de riquezas). (Léna, 2012, p. 37)

Dagnino (2008) acrescenta que conceber a ciência como uma atividade de indivíduos isolados em busca da verdade não coincide com a realidade social contemporânea, pois ela tem sido crescentemente impulsionada pela busca de hegemonia mundial das potências, exigências impostas pelo desenvolvimento industrial e consumo desenfreado que ali se geram e difundem para as sociedades que imitam tal processo de modernização. Conquanto, no entendimento de Vargas (1994), através do conhecimento sistematizado, a tecnologia apresenta um conjunto de atividades humanas, que se manifesta em sistemas de símbolos, instrumentos e máquinas, visando ao empreendimento de obras e fabricação de produtos.

De outro lado, Dusek (2009) defende ampliar as concepções de tecnologia, vez que reconhecê-la simplesmente como ciência aplicada conduz a uma visão bastante estreita. Isso porque, na maioria das vezes, a construção de uma tecnologia requer outras considerações (sociais, econômicas, culturais, etc.) que vão muito além de uma aplicação científica (Fourez, 2003). Conforme esclarece Dagnino (2008, p. 193), a tecnologia é "uma construção social, um campo de batalha historicamente determinado, sendo resultado de um processo onde intervêm múltiplos atores com distintos interesses".

Para Pinto (2005), a compreensão de tecnologia pode ser significativamente ampliada, sobretudo quando se funda na noção da própria historicidade do ser humano e do trabalho. Nessa direção, Dagnino (2010a) sinaliza que a história da tecnologia e da própria produção de conhecimento tem sido fortemente marcada por uma trajetória de intensificação da produtividade, economia e alienação do trabalho humano, maximização do lucro e degradação ambiental.

A pesquisa científica e tecnológica tem gerado uma tecnologia convencional que não atende à inclusão social, mas a interesses materialistas (Lacey, 1999 apud Dagnino, 2010a) e capitalistas (Feenberg, 2002 apud Dagnino, 2010a) de determinados atores que detêm poder econômico, político, etc. Segundo Dagnino (2008), dentro daquilo em que pesa a crítica de Feenberg à tendência da Escola de Frankfurt em atribuir à tecnologia a capacidade de simplesmente centralizar poderes de controle sobre a natureza, admite-se que seu desenvolvimento e impacto são intrinsecamente sociais. E, por isso, deve-se abandonar a ideia de adotar a eficiência como único critério válido de desenvolvimento tecnológico.

De acordo com Varsavsky (1969),

[...] nossa ciência é moldada por nosso próprio sistema social. Suas regras, suas classificações,



suas elites podem ser questionadas; estas existem não por direito divino ou lei da natureza, mas por adaptação da sociedade atual, e podem estar completamente inadequadas para sociedade futura. Há motivos para aceitar que uma nova sociedade possa realmente favorecer o florescimento de grandes ideias, não apenas por interesse em novos ramos científicos, mas no intuito de instaurar novos modos de trabalho. [...] Embora o sistema social vigente não exclua explicitamente quaisquer atividades, isso é praticamente impossível, por violarem seus métodos habituais de funcionamento, ameaçando expor seus defeitos. A tarefa de investigar todo o sistema acaba sendo de domínio quase exclusivo de "ideólogos", rapidamente detectados e marcados por cientistas que acabam julgando e descartando todos os seus argumentos. Embora muitas vezes encontrem justificativas no caráter dogmático e irrealista dos ideólogos. Estes, por sua vez, culpam os cientistas de indiferença frente aos problemas sociais. (Varsavsky, 1969, p. 20, tradução própria)

Diante disso, faz-se necessário repensar nosso modelo de sociedade, que segundo Simon (1999) constitui um corpo orgânico estruturado com base na reunião de indivíduos que vivem em determinado sistema econômico de produção e consumo, submetidos a dado regime político, normas, leis e instituições. Contudo, assim como sugere Japiassu (2005), repensar esse modelo de sociedade requer identificá-lo por meio da capacidade das pessoas de questionarem as próprias representações coletivas estabelecidas, jamais tornando justificador de um *status quo*.

Varsavsky (1969) defende que para se praticar uma ciência politizada, os pesquisadores deveriam priorizar mais as questões relacionadas à mudança no sistema social, em todas suas etapas e aspectos (teórico e prático), de modo a questionar injustiças e outros males que muitas das vezes são deixados de lado no campo da ciência. Na maioria das vezes, os instrumentos científicos são apresentados como neutros, cabendo às forças políticas usá-los ou não com justiça. Entretanto, isto é falso; vez que não há preocupação em combater problemas sociais básicos.

Um espírito empreendedor se espalhou para as universidades, em parte porque procuraram ajuda de fundações e corporações por falta de fundos próprios, em parte por quererem demonstrar "eficiência", especialmente na execução de projetos por um grupo de pessoas da elite científica. (Varsavsky, 1969, p. 11-12, tradução própria)

Para Varsavsky (1969), mesmo que o poder fosse colocado em mãos bem inspiradas, careceria ainda de outras tecnologias que fossem realmente mais adequadas para engendrar uma transformação não apenas industrial, mas social e cultural, sem sacrificar as pessoas.

De acordo com Herrera (1973),

[...] as classes governantes não estão preocupadas em criar sistemas de investigação e desenvolvimento capazes de dar verdadeira autonomia científica aos países – já que isto ameaça projetos nacionais cuja vigência se deseja prolongar –, mas sim construir aparatos científicos e tecnológicos que se limitam a cobrir reduzidas necessidades do sistema, sem questionar pressupostos fundamentais do mesmo. (Herrera, 1973, p. 133, tradução própria)

Diante de evidentes limitações, Herrera (1973) concorda que, particularmente na América Latina, houve completo fracasso nas tentativas de incrementar sua capacidade científica e tecnológica na superação de seus atrasos sociais por meio de parcerias com organismos internacionais. A título de ilustração, verifica-se que mesmo com "sua baixa densidade de habitantes em relação à área de terra apta para agricultura e pecuária, mais da metade da população vive cronicamente subalimentada" (Herrera, 1973, p. 117, tradução própria).



Não obstante, de acordo com o autor, mesmo com todo histórico de baixos investimentos per capita em pesquisa, seu problema mais grave é a falta de conexão do sistema de investigação científica e tecnológica com a sociedade. Além disso, tem-se grande dependência de importação de produtos manufaturados, vez que poucas indústrias são fundadas no capital local. E as grandes corporações detentoras das tecnologias, com matrizes no exterior, não demonstram preocupação alguma com o processo de adequação tecnológica às reais necessidades da população.

Grande parte dos centros de pesquisa está estreitamente ligada às grandes potências internacionais, tanto com relação às temáticas de investigação como, em muitos casos, por causa da origem de seus fundos de fomento. E com isso, falta correspondência entre objetivos de pesquisa frente aos problemas regionais básicos que faz acentuar ainda mais o carácter distintivo de subdesenvolvimento. Assim, tal atraso científico e tecnológico, como se apresenta, não é simplesmente resultado de uma carência de parcerias, mas é consequência de toda uma estrutura econômica e social.

Deve-se destacar que a sociedade vem sendo dominada cada vez mais pelo consumismo, que tem marcas de altíssima produtividade industrial e rápida obsolescência de bens materiais. Tudo que as pessoas adquirem fica obsoleto, criando desse modo a necessidade de comprar outros produtos. Na ótica de Varsavsky (1969), tudo isso tem repercussões na própria pesquisa, de maneira que muitos pesquisadores acabam se tornando serventes diretos do mercado, vez que passam a se dedicar mais à invenção de produtos do que, por exemplo, à difusão de ideias que promovam de fato a justiça.

Horta (2007) alerta que melhor seria investir em tecnologias sociais que fossem construídas com outras intenções. De acordo com o autor, tecnologias sociais devem resultar de um trabalho coletivo que encontra sustentação e legitimidade no diálogo com a sociedade organizada, numa busca conjunta de práticas de intervenção social que visam melhorar as condições de vida da população. Posto isso, era de se esperar que a universidade pudesse se preocupar mais com o desenvolvimento de tecnologias que fossem realmente capazes de promover tanto a inclusão social quanto tornar sustentáveis as organizações autogestionárias que elas imprimem.

Assim como Dagnino (2010b) complementa que as tecnologias sociais preconizam: (I) viabilizar a sustentabilidade econômica, social, ambiental, política e cultural de empreendimentos solidários; (II) engendrar formas alternativas de produção e organização social àquelas instauradas pelo capital; e (III) num nível mais avançado, ocupar o lugar da tecnociência, primando pela construção de uma nova economia.

Segundo Varsavsky (1969), dentro do atual modelo de desenvolvimento, a crescente massa de cientistas vem sendo cada vez mais absorvida por preocupações de competência empresarial; e isso ocorre, sobretudo por receio de perder subsídios, contratos e prestígio. É preciso admitir que a ciência da sociedade de consumo tem produzido inúmeras aplicações importantes, desde computadores a órgãos artificiais, mas, em grande parte, tudo isso é "reflexo de um trabalho da ciência do século XIX e primeiro terço do século XX, com restrita visibilidade política de seus cientistas" (Varsavsky, 1969, p. 17, tradução própria). Através de frenética atividade científica, tem-se alimentado um estilo consumista, criando principalmente produtos para alimentar o mercado. Tecnólogos brilham, ofertando bens materiais para consumo das massas, das empresas, exércitos e cientistas. Enquanto outros ramos inteiros da ciência, que estudam a mudança na estrutura social, vegetam sem desenvolver-se.



Com base naquilo que se conhece por "cientificismo", Varsavsky (1969) critica os pesquisadores latino-americanos por adaptarem-se ao mercado científico, renunciando suas preocupações com o significado social daquilo que praticam. Com tal atitude, parece que não há preocupação em estabelecer vínculos de suas investigações com problemas políticos e se entregam à carreira, na maioria das vezes, aceitando normas e valores impostos pelos grandes centros internacionais. Para o autor, as políticas de homogeneização vindas de fora sempre renderam bons dividendos para aqueles que as impuseram. Aceitar a tecnologia vinda do hemisfério norte, significa produzir o mesmo que eles, competindo em um terreno que eles dominam melhor. E, em última análise, persistir nessa postura implica perder a batalha contra as grandes corporações. Se aceitar sua CT, bem como, aquilo que se ensina a pensar, com certeza nenhuma mudança vai ocorrer; e, conseqüentemente, não há sentido na luta pela independência econômica ou política. Diante disso, o autor concorda que uma maior autonomia científica só seria alcançada por meio de mudanças no sistema social vigente.

Semelhantemente, Dagnino (2008) ressalta que:

[...] a apropriação da ciência e tecnologia por outra sociedade orientada por objetivos socialmente distintos, ou, mais importante, sua utilização para a construção de uma nova sociedade ou para alavancar o processo de mudança de um contexto pré-existente numa outra direção que não aquela que presidiu seu desenvolvimento, não é adequada. (Dagnino, 2008, p. 55)

No entendimento de Latouche (2012), a lógica econômica moderna transformou a sobriedade um valor negativo e fez dos pobres uns miseráveis.

O que está em jogo com a batalha dos organismos geneticamente modificados é justamente a expropriação dos camponeses daquilo que era uma dádiva da natureza, a fecundidade das espécies. A fecundidade das espécies se torna algo insuportável para a Monsanto, assim com o software livre é insuportável para a Microsoft porque não podemos fazer ninguém pagar por isso. Assim, é preciso criar a escassez artificialmente, de forma que a cada ano os camponeses paguem pelas sementes para poder reproduzir o trigo, o milho, etc. (Latouche, 2012, p. 46)

Dagnino (2008) pontua que cada dia mais ocorre a consolidação do amálgama da tecnociência que, por meio de imposições do neoliberalismo às instituições que a produz e financia, leva à sua crescente mercantilização. As decisões tomadas pela tecnocracia visam, sobretudo, fortalecer o poder de uma minoria que detém o poder econômico e controla o processo de produção.

Na verdade, o uso de razões técnicas para justificar o que na realidade são relações de força é um acontecimento comum em nossa sociedade. Considerações ligadas à eficiência são invocadas para impedir que temas incômodos cheguem à agenda de discussão pública. (Dagnino, 2008, p. 95)

Assim, novos dispositivos ou inovações tecnológicas somente são introduzidos quando potencializam maior produtividade e lucratividade. A tecnocracia não seria efeito de imposição tecnológica, mas da maximização do poder de classe sob as circunstâncias especiais de sociedades capitalistas (Feenberg, 1991 citado por Dagnino, 2008). Para Dagnino (2008), a forma como se dá o conflito social na esfera técnica tende a fazer com que, escolhas entre alternativas tecnicamente comparáveis, com implicações distintas em termos da distribuição do poder, tornem objeto de disputa. A pesquisa em diversos campos sofre influências de valores particulares de certas elites e, em consequência, tende a produzir resultados que beneficiam apenas alguns, mas prejudicam a maioria. Por isso, é tão



necessário ampliar o debate em torno de uma reorientação na política científica e tecnológica, no sentido de traçar a partir do plano da produção outros rumos para a pesquisa e seu fomento, de maneira que se consiga instaurar outro estilo de desenvolvimento.

Embora o crescimento contínuo seja a base de todas as políticas e tenha por propósito alimentar uma megamáquina de produção e consumo que absorve imensas quantidades de matéria-prima e energia, segundo Nair (2011 citado por Léna, 2012), os níveis de pressão sobre os recursos e os ecossistemas implicados por esse desenvolvimento mimético são inimagináveis e de qualquer forma não se sustentam. Nessa direção, sem negar que tecnologias possam, em certos casos, ajudar a construir a sociedade, o autor indica que, historicamente, finanças, tecnologias e mercados vêm acelerando o ritmo de exploração dos recursos e não o contrário. Diante disso, para além de uma aposta em Estados fortes, capazes de respeitar leis e regulações, melhor seria alcançar a mudança de valores na sociedade em prol da prosperidade sem crescimento.

Cechin (2010) adverte que o sistema de valores dos economistas tem como elementos fundamentais a crença de que a tecnologia tem a capacidade de substituir insumos e serviços da natureza por insumos e capital construídos. Nesse sentido, porém, a ideia por detrás da soberania do consumidor se orienta pela redução de quaisquer valores a uma unidade monetária comensurável.

Tudo estará bem e ocorrendo de maneira sustentável se os indivíduos do futuro consumirem a mesma, ou maior, quantidade de bens e serviços que a geração atual, mesmo que tenham de respirar um ar poluído, suportar temperaturas mais elevadas e sobreviver com uma variedade menor de alimentos. (Cechin, 2010, p. 201)

Para além de um PIB mais verde, Martínez-Alier (2012) recomenda superar a ansiedade de crescimento econômico por múltiplos indicadores de desempenho (social, cultural, ambiental, etc.) no uso de recursos naturais.

Tanto nos países industrializados quanto nos emergentes aumenta o número de pessoas descontentes na capacidade do sistema em oferecer felicidade, ou que querem se livrar do estresse, da competição, da luta pelos bens materiais, e investem no desenvolvimento pessoal e nos laços sociais. A esses o decrescimento oferece a perspectiva de uma ruptura. (Léna, 2012, p. 35)

Nesse contexto, observa-se que há inclusive aqueles que defendem a necessidade de decrescimento das grandes economias industriais, pois o ingresso de toda humanidade na sociedade do consumo à moda ocidental levaria ao colapso. Dessa forma, o foco da proposta não seria apenas melhorar a distribuição do produto nacional, mas sim sair do atual referencial socioeconômico de crescimento pelo crescimento. Conforme explica Latouche (2012), decrescimento não é o oposto simétrico do crescimento. A rigor, seu significado se aproxima mais de um a-crescimento, o que implica abandonar a fé na economia, no crescimento, no progresso e no desenvolvimento. Nesse sentido, cada sociedade e cada cultura devem procurar formas de sair do totalitarismo produtivista. As vantagens que se tira do crescimento são inferiores aos custos marginais de degradação, por vezes, não quantificados. Em síntese, verifica-se que a sociedade do crescimento não se sustenta, de um lado, porque vai de encontro aos limites biofísicos e, de outro, por que acentua desigualdades e injustiças, cria uma ilusão de bem-estar e não proporciona, mesmo para aos indivíduos beneficiados, uma sociedade amigável e sim uma antissociedade que padece de sua riqueza material, buscando ganhar ao máximo, não importa como.



Contudo, o autor sugere que só é possível reverter esse cenário por meio de mudanças nas formas como se produz, bem como, nas relações de produção e consumo. E essa mudança mais estrutural tem a ver, principalmente, com reduzir e redistribuir. De um lado, é preciso reduzir o consumo no Norte para permitir que o Sul respire melhor. Ao invés de descartar por causa da obsolescência programada, convém reutilizar e prolongar o tempo de vida útil das coisas. De outro lado, redistribuir consiste em redistribuir os direitos ao uso de recursos naturais, realocar a produção para reduzir desperdícios e gerar empregos locais. Igualmente, Auler e Delizoicov (2001) sugerem pleitear uma ampliação do conjunto da sociedade que participa na definição de prioridades de investigação em CT. Rumo a uma sociedade que seja mais atenta aos valores de solidariedade, justiça social e respeito ambiental.

Mediante ao exposto, cabe demarcar que educação CTS crítica não é uma simples rejeição à CT em si, mas demanda reflexões mais profundas por parte do sujeito sobre sua condição no mundo frente à CT, muitas vezes postas a serviço de interesses particulares, do crescimento econômico, consumismo e seus mecanismos de degradação social e ambiental, que comprometem a qualidade de vida das gerações de hoje e do futuro.

Assunções finais

As tentativas de negar a contradição entre o crescimento contínuo na economia e a conservação da natureza fazem com que muitas reivindicações atuais sejam quase esquizofrênicas, pois ao mesmo tempo em que se pede mais e mais crescimento, se pede também para salvar o planeta. (Cechin, 2010, p. 178)

É consenso que a exploração de matéria-prima (incluindo água e outros recursos naturais) e a degradação de energia na sociedade nunca estiveram aos patamares registrados na atualidade. E isso se esbarra com limites no modelo econômico de produção e consumo que acaba, muitas vezes, gerando injustiças sociais e desrespeito para com o meio ambiente. Por isso, é tão relevante que o ensino de energia nas disciplinas de Ciências Naturais ultrapasse demarcações do campo estritamente científico e inclua outras questões mais amplas relacionadas à matriz energética que se articulam ao enfrentamento de limites no atual modelo de crescimento econômico a qualquer custo.

Conforme aponta Cechin (2010), o grau de desenvolvimento de uma sociedade não pode ser visto apenas pela ótica da economia, pois se trata de um processo que comporta interações de homens com o meio no empenho de efetivarem suas potencialidades, satisfazendo suas necessidades e renovando suas aspirações. Vez que muitos dos confortos e prosperidades valorizadas pela civilização industrial e acessíveis principalmente às pessoas dos países ricos são provenientes, em grande parte, da energia solar estocada em forma de carbono nos combustíveis fósseis, cuja combustão tem implicado em exaustivas emissões de poluentes.

O aumento do fluxo de energia e de materiais (o metabolismo social das economias avançadas) gerou um custo social e ambiental elevado que será pago não apenas pelas gerações futuras, mas também, e desde já, pela geração atual. Existem enormes desigualdades no mundo, entre o Norte e o Sul, mas também no interior do Norte e do Sul. Algumas pessoas consomem 250 gigajoules de energia por ano; outras vivem com menos de 10 gigajoules de energia, no cálculo



das quais entra a energia fornecida pela alimentação e, também, pela madeira ou esterco seco utilizado para cozinhar. Para não mudar nada nesta distribuição ainda tão ecologicamente desigual do acesso aos recursos, para manter como estão as desigualdades na eliminação do lixo (incluindo a desigualdade de acesso aos lugares de sequestro de CO₂), a classe dominante exerce seu poder, um poder às vezes dissimulado nas relações de mercado e nos direitos de propriedade injustos. (Martínez-Alier, 2012, p. 68)

Destarte, as discussões acerca do ensino de matriz energética frente às injustiças sociais e ambientais no contexto do uso de energia e de materiais não podem permanecer silenciadas. Até mesmo em razão de que esse ensino acaba por reforçar concepções de neutralidade da CT (Auler & Delizoicov, 2001) balizadoras de um modelo de crescimento ilimitado que ignora limites entrópicos (Georgescu-Roegen, 1971).

De acordo com Bonaiuti (2012), por mais que ninguém negue a existência de uma crise global, faz-se de tudo para convencer cidadãos e instituições que esta, como muitas outras do passado, não passa de uma crise conjuntural: "logo o ciclone passará e se retomará a navegação como se nada tivesse acontecido, guiados por uma nova onda de crescimento" (Bonaiuti, 2012, p. 79). Cechin (2010) critica, porém, que esse crescimento é visto como um fim em si mesmo, é reivindicado sem ser qualificado e sem reconhecer fragilidades em sua própria medida oficial (PIB) como indicador de riqueza.

[...] esse indicador não pode ser uma boa medida da riqueza, pois esta está relacionada a estoques, enquanto o PIB mede fluxos monetários. Isso significa que pode haver crescimento com diminuição da riqueza se esse crescimento ocorrer, por exemplo, à custa da depredação de florestas inteiras ou dos depósitos de petróleo que demoraram milhões de anos para se formarem. Assim, uma das mudanças institucionais mais importantes e mais urgentes é o abandono do PIB como indicador de bem-estar e progresso das sociedades. (Cechin, 2010, p. 178)

Grande parte do crescimento na produção e consumo de bens materiais que ainda persiste, mormente nas grandes economias, comporta fluxos de matéria-prima e energia que geram muitos conflitos sociais e impactos negativos sobre a cultura e o meio ambiente nos territórios explorados (Bonaiuti, 2012). Para Cechin (2010), outros custos como aqueles relativos, por exemplo, aos serviços prestados pela natureza, precisariam ser integrados aos bens produzidos, pois apesar de não suscetíveis à precificação, são de extrema importância para a manutenção da vida. Assim, no emaranhado de relações depredatórias homem-planeta, o que se põe em risco não é o planeta, mas a própria extinção da espécie humana; visto que a Terra continuará existindo mesmo com todas possíveis catástrofes ambientais.

Diante dessas considerações, assume-se que um ensino de matriz energética na perspectiva crítica de educação CTS é aquele que tem um compromisso de articular com os estudantes reflexões, para além de uma descarbonização das matrizes energéticas, em oposição à crescente demanda por recursos energéticos imposta pelo crescimento econômico ilimitado, que se mostra, por demais, insuportável e carrega consigo graves prejuízos socioambientais. Nesse sentido, faz-se necessário reclamar mudanças nos modelos de ciência, de tecnologia e de sociedade em direção a uma matriz energética mais sóbria. Conforme realça Cechin (2010), que combina rejeição ao consumismo, organização de espaço e do aparelho produtivo, reestruturação de espaços urbanos, durabilidade de produtos e melhor manutenção de infraestruturas. Portanto, a questão não é tanto em termos de pensar sobre desenvolvimento de novas tecnologias de energia mais "limpa" e renovável, mas



principalmente em compreender a relevância de se reestruturar os modos de viver em sociedade, com vista a proporcionar condições de vida dignas para as gerações de hoje e do futuro.

Referências

- Aikenhead, G. S. (2006). The humanistic and cultural aspect of science & technology education. In R. M. Janiuk, & E. Samonek-Miciuk (Orgs.), *Science and Technology Education for a Diverse World: Dilemmas, Needs and Partnerships* (pp. 11-36). Lublin-Polônia: Maria Curie-Skłodowska University Press.
- Auler, D. (2002). *Interações entre Ciência-Tecnologia-Sociedade no contexto da formação de professores de Ciências*. Tese de Doutorado em Educação. Florianópolis, SC: Universidade Federal de Santa Catarina.
- Auler, D. (2011). Novos caminhos para a educação CTS: ampliando a participação. In W. L. P. dos Santos, & D. Auler (Orgs.), *CTS e educação científica: desafios, tendências e resultados de pesquisas* (pp. 73-97). Brasília: Editora UnB.
- Auler, D. (2007). Articulação entre pressupostos do educador Paulo Freire e do movimento CTS. *Contexto & Educação*, 22(77), 167-188.
- Auler, D., & Delizoicov, D. (2001). Alfabetização científico-tecnológica para quê? *Ensaio*, 3(1), 1-13.
- Bonaiuti, M. (2012). O caminho da transição. In P. Léna, & E. P. Nascimento (Orgs.), *Enfrentando os limites do crescimento: sustentabilidade, decrescimento e prosperidade* (pp. 79-105). Rio de Janeiro: Garamond.
- Cechin, A. (2010). *A natureza como limite da economia: a contribuição de Nicholas Georgescu-Roegen*. São Paulo: Editora Senac.
- Dagnino, R. (2008). *Neutralidade da ciência e determinismo tecnológico: um debate sobre a tecnociência*. Campinas: Unicamp.
- Dagnino, R. (2010a). A tecnologia social e seus desafios. In R. Dagnino (Org.), *Tecnologia social: ferramenta para construir outra sociedade* (2.ª Ed., pp. 53-70). Campinas: Komedi.
- Dagnino, R. (2010b). Em direção a uma teoria crítica da tecnologia. In R. Dagnino (Org.), *Tecnologia social: ferramenta para construir outra sociedade* (2.ª Ed., pp. 175-220). Campinas: Komedi.
- Delizoicov, D. (2008). La Educación en Ciencias y la Perspectiva de Paulo Freire. *Alexandria*, 1(2), 37-62.
- Dusek, V. (2009). *Filosofia da tecnologia*. São Paulo: Edições Loyola.
- Feenberg, A. (1991). *Critical Theory of Technology*. Oxford: Oxford University Press.
- Fourez, G. (2003). Crise no ensino de Ciências? *Investigações em Ensino de Ciências*, 8(2), 109-123.
- Fourez, G. (1995). *A construção das ciências: introdução à filosofia e à ética das ciências*. São Paulo: UNESP.



- Freire, P. (1982). *Pedagogia do oprimido* (11.ª Ed.). Rio de Janeiro: Paz e Terra.
- Gehlen, S. T., Auth, M. A., Auler, D., Araújo, M. C. P. de, & Maldaner, O. A. (2008). Freire e Vigotski no contexto da educação em ciências: aproximações e distanciamentos. *Ensaio*, 10(2), 1-20.
- Georgescu-Roegen, N. (1971). *The Entropy law and the economic process*. Cambridge: Harvard University Press.
- GonzálezGarcía, M. I., López Cerezo, J. A., & Luján López, J. L. (1996). *Ciencia, tecnologia y sociedad: una introducción al estudio social de la ciencia y la tecnología*. Madrid: Editorial Tecnos.
- Herrera, A. O. (1973). Los determinantes sociales de la política científica en América Latina: política científica explícita y política científica implícita. *Revista de Ciências Sociais*, 13(49), 98-112.
- Hodge, B. K. (2011). *Sistemas e aplicações de energia alternativa* (Tradução de Luiz Claudio de Queiroz Faria). Rio de Janeiro: LTC.
- Horta, C. R. (2006). Tecnologia Social: um conceito em construção. *Diversa - Revista da UFMG*, 5(10), 1-2. Consultado em <https://www.ufmg.br/diversa/10/artigo6.html>
- Japiassu, H. (2011). *Ciências: questões impertinentes*. Aparecida/SP: Ideias e Letras.
- Japiassu, H. (2005). *Ciência e destino humano*. Rio de Janeiro: Himago.
- Lacey, H. (1999). *Is science value-free? Values and Scientific Understanding*. Londres: Routledge.
- Latouche, S. (2012). O decrescimento. Por que e como? In P. Léna, & E. P. Nascimento, (Orgs.), *Enfrentando os limites do crescimento: sustentabilidade, decrescimento e prosperidade* (pp. 45-54). Rio de Janeiro: Garamond.
- Léna, P. (2012). Os limites do crescimento econômico e a busca pela sustentabilidade: uma introdução ao debate. In P. Léna, & E. P. Nascimento (Orgs.), *Enfrentando os limites do crescimento: sustentabilidade, decrescimento e prosperidade* (pp. 23-43). Rio de Janeiro: Garamond.
- Martínez-Alier, J. (2012). Justiça ambiental e decrescimento econômico: a aliança dos dois movimentos. In P. Léna, & E. P. Nascimento (Orgs.), *Enfrentando os limites do crescimento: sustentabilidade, decrescimento e prosperidade* (pp. 55-78). Rio de Janeiro: Garamond.
- Nair, C. (2011). *Consumptionomics – Asia's role in reshaping capitalism and saving the planet*. Oxford: Infnit Ideas.
- Pinto, Á. V. (2005). *O conceito de tecnologia*. Rio de Janeiro: Contraponto.
- Praia, J., & Cachapuz, A. (2005). Ciência-Tecnologia-Sociedade: um compromisso ético. *Revista CTS*, 2(6), 173-194.
- Santos, W. L. P. dos. (2008). Educação científica humanística em uma perspectiva freireana: resgatando a função do ensino CTS. *Alexandria*, 1(1), 109-131.
- Santos, W. L. P. dos. (2009). Scientific literacy: a Freirean perspective as a radical view of humanistic science education. *Science Education*, 93(2), 361-382.
- Simon, I. (1999). *A revolução digital e a sociedade do conhecimento*. Consultado em <http://www>.



ime.usp.br/~is/ddt/mac333/aulas/tema-1-04mar99.html

Solomon, J. (1988). Science, technology and society courses: tools for thinking about social issues. *International Journal of Science Education*, 10(4), 379-387.

Vaccarezza L. S. (1998). Ciencia, Tecnología y Sociedad: el estado de la cuestión en América Latina. *Revista Iberoamericana de Educación*, 18, 1-20.

Vargas, M. (1994). *Para uma filosofia da tecnologia*. São Paulo: Alfa Omega.

Varsavsky, O. (1969). *Ciencia, política y cientificismo*. Buenos Aires: Centro Editor de América Latina.

von Linsingen, I. (2007). Perspectiva educacional CTS: aspectos de um campo em consolidação na América Latina. *Ciência & Ensino*, 1 (especial), 1-19.