

O que pensam outros especialistas?

pontos de vista

Educação ambiental e sustentabilidade nos currículos nos cursos superiores dos institutos federais

Cristian Koliver

Resumo

Mais do que obrigação legal, a presença da Educação Ambiental e da sustentabilidade nos cursos de graduação é uma necessidade no momento em que os efeitos negativos das ações humanas sobre o ecossistema são cada vez mais visíveis. Para investigar como os cursos de graduação dos Institutos Federais de Educação Profissional, Científica e Tecnológica abordam essa temática na graduação tecnológica, foram examinados os projetos pedagógicos e os currículos dos cursos da área de Tecnologia da Informação. Também foi verificada a presença da Tecnologia da Informação Verde, numa perspectiva interdisciplinar. Os resultados indicam que os temas ambientais não estão presentes em mais da metade dos cursos analisados e, quando presentes, restringem-se a uma disciplina com conteúdos de ecologia.

Palavras-chave: educação ambiental; sustentabilidade; currículo; Tecnologia da Informação; Instituto Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica.

Abstract

Environmental education and sustainability in the curriculum in undergraduate programs of Federal Institutes

More than a legal requirement, the presence of environmental education and sustainability in undergraduate programs is crucial, since the negative effects of human actions on ecosystem are increasingly visible. In this paper, we investigate how the undergraduate courses of the Institutos Federais de Educação Profissional, Científica e Tecnológica (Federal Institutes of Education, Science, and Technology) should, in essence, provide an education that includes the preservation of the environment. In order to verify how this issue is addressed in the technology undergraduate courses, the pedagogical programs and the curricula of the courses in the field of Information Technology were analyzed. We also examined the presence of green Information Technology, in an interdisciplinary perspective. The results indicate that most courses do not address environmental issues. The ones addressing the topic restrain the subject to contents related to ecology.

Keywords: environmental education; sustainability; curriculum; Information Technology; Instituto Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica.

Introdução

44

A partir da segunda metade do século 20, o impacto da Ciência e Tecnologia (C&T) sobre a sociedade passou a ser debatido nos países centrais, dentro e fora da academia, a partir da percepção de que o desenvolvimento científico, tecnológico e econômico não estava conduzindo, linear e automaticamente, ao desenvolvimento do bem-estar social (Auler, Bazzo, 2001). Tal debate persiste até hoje, sendo, inclusive, objeto de cursos de graduação específicos para tal fim (cf. Solomon, 1993).

Nos cursos superiores do Brasil, o debate sobre a relação entre Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) ainda é incipiente, em parte pela insistência dos meios de comunicação e sistemas políticos na relação entre a produção de aparatos técnicos e o bem-estar das gerações futuras (Bazzo, 2002). Essa relação acaba sendo reproduzida no sistema educativo que, ao mesmo tempo, se torna vítima e aliado do que Winner (1987) chama de "sonambulismo tecnológico". Para Bazzo (2002, p. 88),

[...] meios de comunicação e sistemas políticos não raro continuam insistindo que estaria em essência na produção de aparatos técnicos o bem-estar das gerações futuras. E por ser o sistema educativo componente fundamental de qualquer sociedade, ele não passa ao largo desse sonambulismo tecnológico: é sua vítima e seu aliado. Mas, mesmo sabendo desta dubiedade da escola e da responsabilidade ímpar da educação na reflexão destes problemas relacionados aos estudos CTS, os educadores responsáveis pelos programas desenvolvidos, seguindo o guia secular das escolas que lidam com a educação tecnológica, continuam a apostar nas remodelações clássicas das grades curriculares sem sequer levantar preocupações com mudanças das posturas filosóficas de enfoques educacionais que, estes sim, poderão começar a dar conta de tão intrincado problema.

Ademais, observamos que uma discussão mais aprofundada sobre CTS vem ocorrendo em sociedades nas quais as condições materiais estão razoavelmente satisfeitas – ou seja, trata-se de reivindicações pós-materiais –, cenário bem diferente do brasileiro, onde parte não trivial da população ainda vive com condições materiais mínimas.

Tendo em vista a forte vinculação do meio ambiente com a qualidade de vida e a saúde das pessoas, acreditamos que a relação entre as inovações tecnológicas e a degradação ambiental está incluída no escopo de CTS e que essa discussão não deve passar ao largo da formação dos profissionais da área tecnológica. A abordagem ambiental deve ser contemplada nos Projetos Pedagógicos dos Cursos (PPCs) por meio de temas como desenvolvimento sustentável, contenção, eficiência energética, reciclagem e reaproveitamento. Assim, o futuro profissional estará apto não apenas a conhecer, aplicar e desenvolver tecnologias, mas também a avaliar seus impactos sobre o meio ambiente, e, para que tais objetivos não sejam apenas retóricos, os temas supramencionados devem ser contemplados não só nas ementas das disciplinas básicas do curso, mas também nas disciplinas profissionalizantes. Ou seja, a temática ambiental nos cursos superiores não deve se limitar a uma única disciplina voltada para a apresentação de princípios e conceitos básicos relacionados à ecologia ou sustentabilidade, mas permear a grade curricular preferencialmente de maneira transdisciplinar. A presença de tópicos dessa temática formalizados nas ementas das disciplinas é fundamental, porque somente dessa forma haverá um mínimo de certeza de que os programas de curso, elaborados pelos docentes titulares das disciplinas, atentem para a temática ambiental.

Neste trabalho, descrevemos os resultados da avaliação dos PPCs de um conjunto de cursos de graduação da Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica. Nosso objetivo maior foi verificar como está (se está) sendo tratada a relação entre a tecnologia e o meio ambiente no contexto das escolas dos Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia (IFs), considerando que, ao regulamentar a sua criação, a Lei nº 11.892, de 29 de dezembro de 2008, estabelece, em seu artigo 6º, entre as finalidades dos IFs, a promoção da produção, do desenvolvimento e da transferência de tecnologias sociais, notadamente aquelas voltadas para a *preservação do meio ambiente*. Como notam Oliveira *et al.* (2012, p. 5),

[...] dentre os princípios da implantação dos Institutos Federais está claro que estão comprometidos com a formação cidadã muito antes da simples qualificação para o trabalho. Neste sentido há uma afirmação do comprometimento dos IFs com o todo social, ratificando o compromisso com a minimização das diferenças (social, econômica, cultural, de trabalho e renda, ambiental e educacional). O projeto de constituição dos IFs é apresentado como progressista e vê na educação a possibilidade de modificação social e maior sentido da vida, caracterizando-se em uma política de transformação social.

Limitamos nossa pesquisa aos cursos da área de Tecnologia da Informação (TI) e afins, já que apenas recentemente o impacto ambiental da TI tem sido investigado. Não faz parte do escopo deste trabalho a análise do impacto social direto da TI. Não obstante, consideramos pertinente ressaltar que, muitas vezes, ações

positivas referentes ao uso da TI em termos de sustentabilidade e conservação do ambiente ocasionam efeitos nocivos sob a perspectiva social (particularmente, diminuição de postos de trabalho).

Os efeitos da TI sobre o meio ambiente

Os efeitos da TI sobre o meio ambiente que merecem maior destaque são: o consumo de energia elétrica, o aumento da emissão de gás carbônico, o grande consumo de recursos renováveis e não renováveis e a produção de lixo eletrônico.

Não é incomum que os centros de dados recém-construídos consumam mais energia do que as cidades onde estão localizados: em 2008, o consumo total de energia dos equipamentos e serviços de TI representou cerca de 8% da eletricidade na União Europeia (UE) (BIOIS, 2010). Do total de energia utilizada no ciclo de vida de equipamentos de TI, a fase de produção representa de 15 a 25%. Ainda com base em dados relativos à UE, estima-se que, em 2005, mais de 8% do consumo total de eletricidade nas residências estava relacionado a produtos de TI (computadores pessoais, *smartphones*, *smart TVs*, *tablets*, dispositivos para automação residencial). O crescimento da demanda de energia elétrica do setor de TI é insustentável: aumento de 6% ao ano, apesar da melhoria contínua na eficiência energética dos produtos e processos de produção.

Uma estimativa de 2007 da empresa de consultoria Garder Inc. aponta que a pegada de carbono¹ (*carbon footprint*) relacionada com a TI situa-se em torno de 2% do total mundial, considerando a energia utilizada pelas fontes de microcomputadores, servidores, telefonia fixa e móvel, redes locais (LAN), telecomunicações, impressoras e aquela utilizada para a refrigeração de ambientes de TI, devendo triplicar nos próximos 20 anos. A estimativa também incluiu a energia elétrica embutida na concepção, manufatura e distribuição de equipamentos de informática e telefones celulares; a parcela da pegada de carbono associada ao uso da TI é cerca de quatro vezes maior do que aquela ligada à produção – 0,25% – conforme o Bio Intelligence Service (2010). Vale ressaltar que 2% é uma taxa similar à da aviação, setor emblemático para os ambientalistas.

Além de energia elétrica, a produção de artefatos eletrônicos relacionados com a TI exige o consumo de quantidades expressivas de recursos não renováveis ou tóxicos durante a fase de extração de matérias-primas, especialmente metais pesados (chumbo, mercúrio, cádmio, berílio). A manufatura dos componentes também exige a utilização de produtos que são altamente tóxicos e perigosos para o ambiente e para a saúde das pessoas. Por exemplo, retardadores de chama bromados, utilizados em produtos eletrônicos para reduzir sua inflamabilidade, estão associados a doenças do sangue e a certos tipos de câncer e são suspeitos de causar efeitos neurocomportamentais e desregulação endócrina. Altos níveis de consumo de água são necessários para produção de artefatos de TI (embora grande parte dessa água possa ser reciclada, tal prática é exceção).

¹ Total de emissões de gases de efeito estufa (CO₂) de uma organização, evento, produto ou pessoa.

Uma das ironias da Era Digital é que a quantidade de papel consumido por ano tem aumentado muito ao invés de diminuir, com implicações para o desmatamento, a poluição e o desperdício. A despeito da possibilidade de armazenamento digital e da leitura de documentos diretamente nas telas de dispositivos, as pessoas preferem manter cópias impressas de documentos para arquivamento, bem como lê-los também no papel. No contexto acadêmico, Nardoza e Stern (2006) observaram que, se por um lado o uso de fotocopiadoras diminuiu drasticamente nas instituições de ensino superior estado-unidenses nos últimos anos, a quantidade de impressões aumentou dramaticamente. É notório que as pesquisas bibliográficas dos estudantes gravitem em torno de fontes eletrônicas mesmo quando da facilidade de acesso a referências mais confiáveis, porém apenas fisicamente disponíveis. Enquanto isso, dispositivos para leitura de documentos eletrônicos (como o *Kindle*) são raros, particularmente no contexto universitário brasileiro, por serem relativamente caros. Kimmel-Smith e Sakasitz (2010) notam, ainda, que é mais fácil e mais conveniente imprimir do que ler *online*. Além do papel, o descarte inadequado ou o não reaproveitamento dos cartuchos para armazenamento da tinta de impressão ou do toner origina resíduos poluidores, como polímeros e seus derivados e metais, sem contar a energia necessária para fabricação de um cartucho novo. O próprio processo de impressão a laser, segundo recentes estudos da Universidade de Tecnologia de Queensland, polui o ar do ambiente e pode causar danos à saúde, já que o toner é um pó fino que fica suspenso no ar por algum tempo (He, Morawska, Teplin, 2007). Finalmente, a energia elétrica utilizada para a impressão (aspecto enfatizado anteriormente) é mais um fator a tornar as práticas de impressão, agora em vigor, insustentáveis tanto sob perspectivas econômicas quanto ambientais.

A quantidade de lixo eletrônico (*e-waste*) relacionado à TI tem aumentado de maneira expressiva ano após ano. Estimativas de diferentes fontes apresentam grandes variações já que a produção global de lixo eletrônico é incerta, em parte porque nos países periféricos (incluindo os chamados emergentes) não há, em geral, uma contabilização desse dado. Uma estimativa do United Nations Environment Programme² (UNEP, 2006) apontou uma produção mundial de lixo eletrônico entre 20 e 50 milhões de toneladas por ano, representando de 1 a 3% da produção mundial de resíduos sólidos urbanos de 1,636 milhão de toneladas por ano (OECD, 2008).

Conforme Robinson (2009), dessa quantidade anual de lixo eletrônico, os países centrais foram responsáveis por cerca de 14 milhões de toneladas ao ano durante a década de 2000. Cobbing (2008) calculou que computadores, telefones móveis e aparelhos de televisão contribuíram com 5,5 milhões de toneladas de lixo eletrônico em 2010, devendo alcançar 9,8 milhões de toneladas em 2015. Conforme Widmer *et al.* (2005), nos países centrais, o lixo eletrônico pode constituir cerca de 8% do volume total de resíduos urbanos. Os computadores, que têm uma vida útil média de apenas três anos, são responsáveis por uma porção do lixo eletrônico maior do que outros dispositivos eletroeletrônicos, como geladeiras e fornos, que têm expectativa de vida de 10 a 12 anos.

² Programa das Nações Unidas que coordena e auxilia os países em desenvolvimento na implementação de boas políticas do meio ambiente e encoraja o desenvolvimento sustentável do meio ambiente.

Quadro 1 – Medidas preconizadas pela TI Verde

(continua)

Ação	Objetivo	Benefício				
		Reduzir consumo de energia	Reduzir custos	Reduzir emissão de CO ₂ e impacto ambiental	Melhorar desempenho e uso	Economizar espaço
Estabelecimento de metas para a redução no consumo de energia elétrica e aferição do consumo	Conhecer o custo e a economia obtida após a implementação das ações	X	X	X	X	
Virtualização de servidores	Redução do número de servidores físicos; melhor aproveitamento do <i>hardware</i> das máquinas utilizadas para tal fim, já que geralmente os servidores físicos são subutilizados (menos de 15% de sua capacidade)	X	X	X	X	X
Virtualização de <i>desktops</i> e uso de <i>thin clients</i> ⁽¹⁾	Redução do número de clientes físicos; melhor aproveitamento do <i>hardware</i> das máquinas utilizadas para tal fim	X	X	X	X	X
Uso de <i>blade servers</i> ⁽²⁾	Redução do tamanho dos servidores	X	X	X	X	X
Uso de processos de refrigeração mais eficientes	Redução do custo de refrigeração	X	X	X	X	
Ampliação ou modernização de componentes (expansão de memória, aumento do número de processadores, ampliação da capacidade de armazenamento)	Prolongamento da vida útil dos ativos, adiando investimentos e momento da reciclagem		X	X	X	
Externalização (<i>outsourcing</i>) de armazenamento por meio de empresas especializadas em hospedagem	Redução no número de centros de dados; compartilhamento de recursos	X	X	X		X
Externalização das impressões	Diminuição das impressões por meio do controle de custos e monitoramento de desperdícios (empresas de <i>outsourcing</i> normalmente fornecem ao contratante informações que permitem identificar os maiores usuários e qualificar suas impressões)	X	X	X	X	X

Quadro 1 – Medidas preconizadas pela TI Verde

(continuação)

Ação	Objetivo	Benefício				
		Reduzir consumo de energia	Reduzir custos	Reduzir emissão de CO ₂ e impacto ambiental	Melhorar desempenho e uso	Economizar espaço
Desligamento das luzes do centro de dados quando da ausência de pessoas nas instalações	Economia de energia elétrica, prolongamento da vida útil de aparatos	X	X	X		
Desligamento de impressoras e outros dispositivos que não precisam ficar ligados 24x7 (24 horas por dia, 7 dias por semana)	Economia de energia elétrica, prolongamento da vida útil de aparatos	X	X	X		
Configuração dos dispositivos para o modo de hibernação (<i>stand by</i>)	Economia de energia elétrica, prolongamento da vida útil de aparatos	X	X	X		
Modernização de equipamentos e componentes	Melhoria na eficiência energética: monitores baseados na tecnologia de tubos de raios catódicos (<i>catodic ray tube – CRT</i>), por exemplo, consomem muito mais energia do que monitores de diodo emissor de luz – <i>light-emitting diode – LED</i>), que apresentam ainda a vantagem de poderem ser reciclados; algumas fontes elétricas usadas em <i>desktops</i> e equipamentos de informática são altamente ineficientes e chegam a desperdiçar 70% da energia que consomem (existem fontes que, embora mais caras, têm eficiência energética de 80%)	X	X	X	X	
Uso intensivo de videoconferência e ensino à distância	Redução de deslocamentos			X		
Expansão da prática de trabalho em casa (<i>home office</i>)	Redução de deslocamentos			X		X
Uso de <i>Service-Oriented Architecture</i> (SOA) ⁽³⁾	Reutilização e compartilhamento de serviços entre aplicações e empresas				X	
Realização de um 5S ⁽⁴⁾ nas informações armazenadas	Redução na quantidade de informações armazenadas nos computadores, com descarte de informação inútil				X	X

Quadro 1 – Medidas preconizadas pela TI Verde

Ação	Objetivo	Benefício				(conclusão)
		Reduzir consumo de energia	Reduzir custos	Reduzir emissão de CO ₂ e impacto ambiental	Melhorar desempenho e uso	
Uso criterioso da contingência na gestão corporativa	Diminuição da redundância (usar mais recursos para se fazer a mesma coisa)	X	X	X	X	X
Ampliação da prestação de serviços públicos ou privados por meio eletrônico (governo eletrônico ou e-gov; e-banco, e-billing...)	Redução de deslocamentos e impressões	X	X	X	X	X
Desenvolvimento de novas tecnologias de reciclagem e criação, nos países emergentes, de centros de gestão de lixo eletrônico				X		

Notas:

- (1) Computadores conectados a uma rede de modelo cliente-servidor com poucos ou nenhum aplicativo instalado e que fazem uso de um servidor central para o processamento de atividades.
- (2) Servidores despojados com um projeto modular otimizado.
- (3) Abordagem arquitetural corporativa que permite a criação de serviços de negócio interoperáveis.
- (4) Programa 5S (sensores de: utilização; ordenação; limpeza; saúde; autodisciplina) – o senso de utilização enfatiza a eliminação do desperdício de inteligência, tempo e matéria-prima.

Entre os países emergentes, a situação brasileira chama a atenção: o país abandona 96,8 mil toneladas métricas de computadores pessoais (*personal computers* – PCs) por ano, volume apenas inferior ao da China (Brasil é o campeão..., 2010). Entrementes, em termos de produção de lixo eletrônico *per capita*, o Brasil é o líder entre os emergentes: 0,5 kg de lixo eletrônico por habitante (na China, a taxa *per capita* é de 0,23 kg; na Índia, de 0,1 kg). O país também é o segundo maior gerador de lixo proveniente de celulares, com 2,2 mil toneladas por ano, abaixo apenas da China. Entre as economias emergentes, o Brasil é o terceiro maior responsável por descarte de aparelhos de TV: 0,7 quilos por pessoa ao ano, mesma taxa da China.

O lixo eletrônico representa um problema ambiental significativo e difícil de ser gerenciado devido à sua natureza muito específica. Não obstante, a possibilidade de reaproveitamento de vários componentes de resíduos de TI, as organizações responsáveis pela coleta e reciclagem são limitadas em termos de eficácia e estrutura. Assim, a reciclagem é pequena em relação à quantidade gerada, mesmo nos países centrais. Conforme Faucheux e Nicolai (2011), estimativas apontam que na França menos de 16% do lixo eletrônico é reciclado. Nos EUA, 3/4 dos computadores são empilhados em garagens ou depósitos. Quando os computadores são descartados, eles acabam em aterros sanitários ou em incineradores. Mais recentemente, países centrais têm exportado lixo eletrônico para países da Ásia ou África. Puckett *et al.* (2002) apontam, num relatório intitulado *Exporting harm: the high techtrashing of Asia*, que de 50% a 80% dos resíduos de TI recolhidos na Costa Oeste dos USA são enviados para China, Paquistão ou Índia, prática que conflita com a proposta da ONU que preconiza a exportação de parte do lixo eletrônico dos países emergentes para os países centrais, já que estes possuem técnicas de processamento mais adequadas.

As informações sobre a situação da reciclagem do lixo eletrônico no Brasil são escassas (Schluep *et al.*, 2009). Não há políticas nem legislações federais específicas com relação à gestão do lixo eletrônico e a reciclagem limita-se às frações de materiais com um alto valor agregado (tais como placas de circuitos impressos, aço inoxidável, cobre). A preocupação com o lixo eletrônico não está entre as prioridades do setor eletroeletrônico nacional, e o estabelecimento de impostos para incentivar a reciclagem não é visto com bom olhos no Brasil, que já possui uma elevada carga tributária.

O que fazer: TI Verde

A partir da constatação do impacto da TI sobre o meio ambiente, nos anos 2000, surgiu um movimento em escala mundial denominado Computação Verde ou TI Verde (*Green IT*), cujo objetivo é levar ao mundo tecnológico a responsabilidade socioambiental. O foco principal é como administrar a tecnologia no interior das organizações de forma sustentável. A TI Verde pretende estar presente em todas as etapas dos ciclos de vida das tecnologias de TI, da produção à maneira como essas tecnologias são usadas, para torná-las ecologicamente sustentáveis. Murugesan e Gangadharan (2012, p. 2) observam que a TI Verde pode incluir:

[] concepção, fabricação, utilização e descarte de computadores, servidores e subsistemas associados, tais como monitores, impressoras, dispositivos de armazenamento e de rede e sistemas de comunicação – com eficiência e eficácia com o mínimo ou nenhum impacto sobre o ambiente. [Tradução nossa].

A TI Verde preconiza uma série de medidas a serem adotadas por organizações, pessoas e governos para a redução do impacto da TI sobre o meio ambiente. Algumas medidas são mostradas no Quadro 1 e, associados a elas, os benefícios obtidos para as organizações (Murugesan, Gangadharan, 2012, p. 25). Obviamente, alguns benefícios estão correlacionados, por exemplo: a economia de energia implica a redução de custos e de emissão de CO₂.

Resultados

Para traçarmos um panorama de como questões referentes a meio ambiente e sustentabilidade vêm sendo tratadas no âmbito dos cursos da área de TI e afins dos IFs, realizamos um levantamento exaustivo desses cursos a partir dos *links* para Institutos e Centros Federais de Educação Tecnológica (Cefets), disponíveis no Portal da Rede Federal,³ e obtivemos 52 Projetos Pedagógicos de Cursos (PPCs) acessíveis *online* (Quadro 2).

Quadro 2 – Cursos com projetos pedagógicos acessíveis *online*

Tipo	Nome	Sigla	Quantidade
Bacharelado	Ciência da Computação	BCC	3
	Engenharia de Computação	BEC	3
	Engenharia de Controle e Automação	BECA	5
	Sistemas de Informação	BSI	8
Licenciatura	Computação	LC	1
	Informática	LI	1
Tecnologia	Análise e Desenvolvimento de Sistemas	TADS	20
	Automação Industrial	TAI	2
	Mecatrônica Industrial	TMI	1
	Redes de Computadores	TRC	2
	Sistemas para Internet	TSI	6
Total			52

A proporção de cada curso não destoa muito da distribuição dos cursos de TI no Brasil (SBC, 2011).

Dos 52 cursos examinados, nos PPCs de 27 deles – um de BCC; um de LC; cinco de BSI; quatorze de TADS; dois de TRC; quatro de TSI – não havia nenhuma disciplina voltada para a relação entre tecnologia e sociedade ou a relação entre tecnologia, sustentabilidade e meio ambiente. Vale observar a contradição existente entre o perfil do egresso, o objetivo do curso e a grade curricular constante nos PPCs

³ http://redefederal.mec.gov.br/index.php?option=com_content&view=section&layout=blog&id=9&Itemid=155

desses cursos: enquanto em quase todos consta, entre as habilidades desejadas do egresso, expressões como “atuar no mundo do trabalho de modo comprometido com o desenvolvimento regional sustentável”, “atuar com base em princípios éticos e de maneira sustentável”, “atuar com responsabilidade social, política e ambiental”, “conhecer e aplicar normas de sustentabilidade ambiental”, “posicionar-se crítica e eticamente frente às inovações tecnológicas, avaliando seu impacto no desenvolvimento e na construção da sociedade” e assim por diante. Nas grades curriculares, não há disciplinas cujas ementas, de maneira explícita ou não, auxiliem na formação de um profissional com essas competências.

Quadro 3 – Cursos com uma única disciplina voltada para a temática ambiental

Curso	Disciplina	Ementa	Obrigatória	Conjunta
BCC	Informática, Ética e Sociedade	Sustentabilidade. Impactos sociais e ambientais da Informática.	Sim	B
BSI	Humanidade e Cidadania	A bibliografia indica que a questão do meio ambiente e da sustentabilidade são trabalhadas na disciplina.	Sim	B
BSI	Humanidade e Cidadania	Conceitos de humanidades, ciências sociais e cidadania para fomentar a visão crítica das questões humanísticas enfatizando as questões sociais, culturais, políticas, econômicas e ambientais envolvidas na ação profissional.	Sim	B
BEM	Tópicos em Educação Ambiental Higiene e Segurança do trabalho	Ementa não discriminada.	Sim	P
LC	Educação Ambiental		Sim	P
BECA	Ciências do Ambiente		Sim	B
TADS	Ética e Responsabilidade Socioambiental em TI	Na ementa não há nenhum item relacionado à temática ambiental.	Sim	B
TSI	Educação Ambiental		Não	B
BECA	Gestão Ambiental		Sim	B
TADS	Gestão Ambiental e Responsabilidade Social		Sim	B
BEC	Ciências Ambientais		Sim	B
BEC	Gestão Ambiental		Não	B
TAI	Segurança, Meio Ambiente e Saúde	Na ementa não há nenhum item relacionado à temática ambiental.	Sim	B
TSI	Práticas em Responsabilidade Socioambiental		Sim	B
TMI	Saúde e Segurança do Trabalho	Riscos Ambientais e Operacionais ⁽¹⁾	Sim	P
TADS	Empreendedorismo	Aspectos gerais sobre ética e responsabilidade socioambiental.	Sim	B
TADS	Relações Humanas no Trabalho	Cidadania na empresa – responsabilidade social, ambiental e econômica.	Sim	B
BCC	Gestão Ambiental		Sim	B

Legenda: B = básica; P = profissionalizante.

Nota: (1) No programa da disciplina; na ementa nada consta.

Quadro 4 – Cursos com duas ou mais disciplinas voltadas para a temática ambiental

Curso	Disciplina	Ementa	Obrigatória	Con-junto
TSI	Filosofia da Ciência e Tecnologia	Tecnologia e Meio Ambiente.	Sim	B
	Comunicação Linguística	Sustentabilidade e comunicação.	Sim	B
	Organização de Empresas	Sustentabilidade nas Empresas.	Sim	P
	Metodologia da Pesquisa Científica	Textos abordando TI Verde, sustentabilidade e história afro-brasileira e indígena.	Sim	B
BECA	Gestão Ambiental		Sim	B
	Economia Aplicada à Automação	As questões energéticas e ambientais dentro do processo de desenvolvimento econômico.	Sim	P
BSI	Desenvolvimento Sustentável		Não	B
	Ciências do Ambiente		Não	B
	Ecologia		Não	B
	Educação Ambiental		Não	B
	Energia e Meio Ambiente		Não	B
TAI	Laboratório de Instalações Elétricas Industriais	Energia, meio ambiente e desenvolvimento sustentável (fontes de energia: uma visão integrada; energia; energia e desenvolvimento sustentável; energia e meio ambiente; soluções energéticas para o desenvolvimento sustentável; suprimimento da energia elétrica; inserção ambiental de projetos de geração elétrica)	Sim	P
	Laboratório de Tecnologia Mecânica II	Equipamentos de proteção individual (EPIs) e impactos no meio ambiente.	Sim	P
	Laboratório de Química Industrial	⁽¹⁾ Discutir a interferência dos agentes poluidores produzidos pela produção industrial.	Sim	P
	Química Industrial	⁽¹⁾ <i>Idem</i> aos objetivos de Laboratório de Química Industrial.	Sim	P
	Instalações Elétricas Industriais	<i>Idem</i> à ementa de Laboratório de Instalações Elétricas Industriais.	Sim	P
BECA	Gestão Ambiental para Engenharia		Sim	P
	Higiene e Segurança no Trabalho	Meio ambiente e ambiente do trabalho. Poluição atmosférica. Análise e métodos de controle do ar.	Sim	P
LI	Educação Ambiental		Não	P
	Empreendedorismo	⁽²⁾ Análise ambiental e sustentabilidade.	Sim	P
	Eletricidade e Eletrônica Analógica	⁽²⁾ Geração de energia: energia renovável e ambientes sustentáveis.	Sim	P

Legenda: B = básica; P = profissionalizante.

Notas: (1) Nos objetivos, não na ementa.

(2) No programa, não na ementa.

Nos PPCs de 18 cursos, há uma única disciplina que abarca a temática ambiental. Em alguns dos cursos investigados, a temática é apenas um dos tópicos de uma disciplina CTS; em outros, a disciplina tem como foco principal a questão ambiental. Em quase a totalidade dos cursos de TI, a disciplina está inserida no conjunto das disciplinas básicas (Quadro 3). Por questões de espaço, suprimimos as ementas das disciplinas diretamente relacionadas à temática ambiental e nas demais mantivemos apenas os itens relacionados a essa temática. A quinta coluna da tabela informa o conjunto de disciplinas a que pertence (B = básica; P = profissionalizante).

Finalmente, há sete cursos nos quais duas ou mais disciplinas consideram aspectos ligados à questão ambiental (Quadro 4).

Discussão

Nossos resultados indicam ausência da temática ambiental em mais da metade dos cursos de TI dos IFs. Nos cursos cujo PPC prevê a dimensão ambiental, ela é tratada, na maioria das vezes, por uma única disciplina básica, geralmente com o intuito único de tentar atender à legislação vigente. Ou seja, medidas concretas já existentes e recomendadas pela TI Verde para diminuir o impacto ambiental ou garantir a sustentabilidade dos processos e aparatos de TI não têm sido abordadas nas disciplinas profissionalizantes, a despeito do fato de muitas delas representarem ganhos econômicos, além de ambientais, para as organizações e indivíduos. A exceção fica para a virtualização de servidores, tópico geralmente tratado em disciplinas relacionadas com redes de computadores ou sistemas operacionais.

Acreditamos que, entre as razões para a desconsideração da temática ambiental nos currículos dos cursos de graduação de TI, inclui-se o desconhecimento da grande maioria dos docentes em relação à natureza e à (não desprezível) magnitude do impacto ambiental da TI. Todavia, talvez a razão mais forte resida nas compreensões dos docentes sobre as interações CTS. Particularmente, na crença salvacionista/redentora da C&T, segundo a qual “[...] em algum momento do presente ou do futuro, Ciência-Tecnologia resolverão os problemas, hoje existentes, conduzindo a humanidade ao bem-estar social” (Auler, Delizoicov, 2006, p. 5).

Destarte, a presença, nos cursos tecnológicos, de uma educação ambiental transversal, interdisciplinar, em conformidade com as Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação Ambiental (Brasil. MEC, 2012), e englobando não apenas a preservação do meio ambiente, mas também focalizando a busca de um modelo de desenvolvimento econômico socialmente justo, inclusivo e autossustentável, passa, necessariamente, pelo próprio processo formativo dos docentes. É necessário que os atuais e os futuros docentes conheçam não apenas os conteúdos dessa temática, mas a relação dela com as diversas subáreas do conhecimento. Sem essa compreensão, as reformas nos PPCs terão como finalidade exclusivamente a satisfação de normas legais ou de diretrizes curriculares.

Referências bibliográficas

AULER, D.; BAZZO, W. A. Reflexões para a implementação do movimento CTS no contexto educacional brasileiro. *Ciência & Educação*, v. 7, n. 1, p.1-13, 2001.

AULER, D.; DELIZOICOV, D. Ciência-tecnologia-sociedade: relações estabelecidas por professores de ciências. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, v. 5, n. 2, 2006.

BAZZO, W. A. A pertinência de abordagens CTS na educação tecnológica. *Revista Ibero-Americana de Educação*, n. 28, p. 83-99, jan./abr. 2002. Disponível em: <http://www.rioei.org/rie28a03.PDF>

BIO INTELLIGENCE SERVICE (BIOIS). *Impacts of information and communication technologies on energy efficiency*. 2008. Disponível em: <<http://www.biois.com/en/menu-en/expertise-en/assess/highlights-a/study-of-the-impacts-of-ict-on-energy-efficiency.html>> Acesso em: 26 jan. 2014.

BRASIL é o campeão do lixo eletrônico entre emergentes. *O Estado de São Paulo*, 22 fev. 2010. Disponível em: <<http://www.estadao.com.br/noticias/vidae,brasil-e-o-campeao-do-lixo-eletronico-entre-emergentes,514495,0.htm>>. Acesso em: 6 nov. 2013.

56

BRASIL. *Lei nº 11.892, de 29 de dezembro de 2008*. Institui a Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica, cria os Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia, e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2008/lei/11892.htm.

BRASIL. Ministério da Educação (MEC). *Proposta de Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação Ambiental*. 2012. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/dmdocuments/publicacao13.pdf>>. Acesso em: 26 jan. 2014.

COBBING, M. *Toxic tech: not in our backyard: uncovering the hidden flows of e-waste*. Report from Greenpeace International, 2008. Disponível em: <<http://www.greenpeace.org/international/Global/international/planet-2/report/2008/2/not-in-our-backyard-summary.pdf>>. Acesso em: 6 nov. 2013.

FAUCHEUX, S.; NICOLAÏ, I. IT for green and green IT: a proposed typology of eco-innovation [TI para o verde e TI verde: uma proposta de tipologia de eco-inovação]. *Ecological Economics*, v. 70, n. 11, p. 2020-2027, set. 2011. Disponível em <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921800911002084>> Acesso em: 26 jan. 2014.

HAAKE, J.; GUEORGUIEVSKY, B. *L'entreprise légère*. Genebra: Delachaux et Niestlé, 2010. 248 p.

HE, C.; MORAWSKA, L.; TEPLIN, L. Particle emission characteristics of office printers. *Environmental Science & Technology*, v. 41, n. 17, ago. 2007.

KIMMEL-SMITH, S. E.; SAKASITZ, S. It's not easy being green: students and "the problem with printing". In: ACM SIGUCCS FALL CONFERENCE, 38., 2010, New York. *Proceedings...* New York: ACM, 2010.

MURUGESAN, S.; GANGADHARAN, G. R. (Ed.). *Harnessing Green IT: principles and practices*. [New Jersey]: Wiley, 2012. 432 p.

NARDOZZA, F.; STERN, N. Printsense: making sense of print management. *Educause*, Colorado, v. 2006, n. 6, Mar. 2006. Disponível em: <<https://net.educause.edu/ir/library/pdf/ERB0606.pdf>>.

ORGANISATION FOR ECONOMIC COOPERATION AND DEVELOPMENT (OECD). *OECD environmental outlook to 2030*. 2008. 14 p. Disponível em <<http://www.oecd.org/environment/indicators-modelling-outlooks/40200582.pdf>>.

PUCKETT, J. et al. *Exporting harm: the high-tech trashing of Asia*. Seattle, WA: Based Action Network (BAN); San Jose, CA: Silicon Valley Toxics Coalition (SVTC), 2002. Disponível em: <<http://svtc.org/wp-content/uploads/technotrash.pdf>>. Acesso em: 26 jan. 2014.

ROBINSON, B. H. E-waste: an assessment of global production and environmental impacts. *Science of the Total Environment*, v. 408, n. 2, p. 183-191, Dec. 2009.

SOLOMON, J. *Teaching science, technology and society*. Buckingham, Philadelphia: Open University Press, 1993.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE COMPUTAÇÃO (SBC). *Educação superior em computação: estatísticas*. 2011. Disponível em http://sbc.org.br/index.php?option=com_jdownloads&Itemid=195&task=finish&cid=306&catid=39>. Acesso em: 26 jan. 2014.

SCHLUEP, M. et al. *Recycling: from e-waste to resources*. Berlin: UNEP, 2009. Disponível em: <http://www.unep.org/pdf/pressreleases/E-waste_publication_screen_finalversion-sml.pdf>. Acesso em: 06 nov. 2013.

OLIVEIRA, F. P. Z. et al. Os Institutos Federais, a ciência e a tecnologia: e a sociedade? In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA (Cobenge), 40., 2012, Belém. *Anais...* Belém: Abenge, UFPA, 2012. v. 1. p. 1-10.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME (UNEP). *Call for global action on E-waste*. 2006. Disponível em: <<http://www.unep.org/Documents.Multilingual/Default.asp?ArticleID=5447&DocumentID=496&l=en>>.

WINNER, L. *La ballena y el reactor: una búsqueda de los límites en la era de la alta tecnología*. Barcelona: Gedisa, 1987.

WIDMER, R. et al. *Global perspectives on e-waste. Environment Impact Assessment Review*, v. 25, p. 436-458, 2005. Disponível em: < http://ewasteguide.info/files/Widmer_2005_EIAR.pdf>.

Cristian Koliver, doutor em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Santa Catarina (2001), é professor universitário desde 1990, atualmente vinculado ao Instituto Federal Catarinense (IFC), *campus* Camboriú.

ckoliver@gmail.com

Recebido em 10 fevereiro de 2014

Aprovado em 31 março de 2014