

CONCEPÇÕES DE TECNOLOGIA NA FORMAÇÃO INICIAL DE PROFESSORES DE FÍSICA*Conceptions of technology in physics teachers' training courses***Elio Carlos Ricardo** [elioricardo@usp.br]

Faculdade de Educação

Universidade de São Paulo

Avenida da Universidade, 308, São Paulo, Capital, Brasil

Instituto de Estudios de la Ciencia y la Tecnología

Universidad de Salamanca

Calle Espejo, 2, Salamanca, España

Resumo

Tem havido uma crescente ênfase na tecnologia no contexto educacional. No entanto, não está claro o que é a tecnologia. Frequentemente, as pessoas pensam a tecnologia como uma ciência aplicada ou um simples artefato, como um computador ou um smartphone. Raramente se pensa na tecnologia como um processo ou a relação entre inovações tecnológicas e os aspectos sociais, econômicos e históricos. Mas, os professores estão preparados para discutir a tecnologia na sala de aula? Este artigo apresenta uma análise qualitativa acerca das concepções de tecnologia em cursos de formação inicial de professores de física. Para isso, foram analisados os Projetos Pedagógicos de 19 cursos de licenciatura em física. As análises indicam que concepções de tecnologia criticadas pela literatura estão presentes nesses documentos, tais como: tecnologia como ciência aplicada, tecnologia como artefato, modelo linear de desenvolvimento tecnológico e determinismo tecnológico.

Palavras-Chave: Concepções de tecnologia; física e tecnologia; educação tecnológica; ensino de tecnologia.

Abstract

There has been an increased emphasis on technology in the educational context. However, is not clear what technology is. Frequently, people think technology as applied science or as an artefact, like a computer or a smartphone. Technology is rarely seen as a process or the relationship between technological innovations and social, economic, and historical aspects. Nevertheless, are teachers prepared to discuss technology in the classroom? This article presents a qualitative analysis of the conceptions of technology in physics teachers' training courses. To this purpose, Pedagogical Projects of 19 undergraduate courses are analysed. Analysis indicates that conceptions of technology criticized by the literature are present in those documents, such as technology as applied science, technology as an artefact, linear model of technological development, and technological determinism.

Keywords: Conceptions of technology; physics and technology; technological education; teaching of technology.

INTRODUÇÃO

A necessidade de inserir discussões a respeito da tecnologia nos programas escolares ganhou força a partir do movimento Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS), na década de 1980, e do reconhecimento da importância de uma Alfabetização Científica e Tecnológica (ACT) dos cidadãos. Tais iniciativas tiveram influências no ensino de ciências, inclusive no contexto brasileiro. No final da década de 1990, com as Diretrizes e os Parâmetros Curriculares, oriundos da Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional, a LDB 9.394 de dezembro de 1996, a tecnologia ganhou *status* similar às demais áreas do conhecimento

reconhecidas nas disciplinas presentes nos currículos. No caso do Ensino Médio, as componentes curriculares tradicionais foram distribuídas em três grandes blocos, a saber, Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias; Ciências Humanas e suas Tecnologias; Linguagens, Códigos e suas Tecnologias.

Na sequência dos documentos oficiais elaborados a partir da LDB 9.394, o cenário educacional brasileiro também foi contemplado com documentos orientadores das formações superiores; as chamadas Diretrizes de Formação Inicial, as quais buscavam, entre outras coisas, a consonância entre os documentos orientadores das formações iniciais escolares e dos futuros professores. A necessidade de uma formação em sintonia com o mundo moderno se reflete no discurso incorporado por esses documentos e, como seria razoável esperar, a tecnologia se integra como elemento motivador e justificador de um ensino de ciências com objetivos formadores mais amplos.

Naquele momento, tal como agora, a escola passava por questionamentos em relação a sua pertinência na preparação e formação dos alunos para um futuro que esperavam encontrar. Surge, ainda, a perspectiva de um currículo por competências, cujas consequências seriam a superação da visão estrita dos conteúdos escolares, até então previamente estabelecidos e justificados por si mesmos, e a ampliação dos objetivos formadores da escola. Vale destacar que a ideia de um currículo por competências na literatura não era propriamente uma coisa nova. Mas, no contexto educacional brasileiro, sob a orientação de documentos oficiais, foi uma novidade, em especial, quando as competências e habilidades passaram a substituir as listas de conteúdos ainda presas a uma pedagogia por objetivos.

No entanto, a passagem dessas propostas de mudanças dos documentos oficiais para a sala de aula, ou mesmo para a formação dos professores, não ocorreu na dimensão presumidamente pretendida pelas orientações ministeriais. Ou seja, sua implementação nas escolas está longe de acontecer, conforme apontam algumas pesquisas (Chiquetto, 2011; Ricardo & Zylbersztajn, 2002; Schmidt, 2013). Além disso, os principais pressupostos teóricos desses documentos, a saber, um currículo por competências e habilidades, a contextualização e a interdisciplinaridade, entre outros, são pouco compreendidos entre os professores de ciências (Ricardo & Zylbersztajn, 2007, 2008; Ruas, 2017; Santos, Campos & Almeida, 2005; Silva, 2008).

Essa pouca compreensão teórico-metodológica se verifica também na presença da tecnologia, ou na sua ausência, nos programas escolares. Parece ser intuitivamente bem aceita pelos professores a ideia de que aproximar a tecnologia dos conteúdos escolares de ciência, notadamente nas disciplinas de biologia, física, matemática e química, é relevante. No entanto, as formas como tal aproximação é feita, bem como o entendimento da relação entre a ciência e a tecnologia, são bastante nebulosas e raramente sobrevivem a uma análise mais atenta. Lopes *et al.* (2009) apontam que, em muitos casos, a tecnologia aparece no discurso educacional apenas como um jargão presente nos documentos oficiais e materiais didáticos.

Conforme destacam Dreyfus (1992), Maiztegui *et al.* (2002), Sá e Santin Fl. (2009) e Santos (2017), a tecnologia é sub-representada nos livros didáticos, frequentemente reduzida a uma ciência aplicada com caráter motivacional ou ilustrativo para se aprender ciência. A pouca compreensão da natureza do conhecimento tecnológico também se observa nos alunos da educação básica (Alcibar, 2009; Asghar *et al.* 2019; Constantinou, Hadjilouca & Papadouris, 2010; Diaz *et al.*, 2003; Digironimo, 2011; Oliveira, Guimarães & Lorenzetti, 2016; Ricardo & Freire, 2007; Ricardo, Albayay & Couso, 2011; Vries, 2005). Curiosamente, mesmo aquelas pesquisas com enfoque CTS parecem negligenciar a tecnologia, subordinando-a à ciência (Araújo, 2009; Cerezo, 1998, 1999, 2009; Gordillo & Galbarte, 2002; Lopes *et al.*, 2009; Maiztegui *et al.*, 2002). Além disso, os trabalhos oriundos do movimento CTS sequer colocam essa percepção da tecnologia como um problema, segundo apontam algumas pesquisas (Abreu, Fernandes & Martins, 2013; Cachapuz *et al.*, 2008; Chrispino *et al.*, 2013; Freitas & Ghedin, 2015; Gonçalves & Menezes, 2013; Hunsche *et al.*, 2009; Osorio, 2002). De acordo com esses autores, parte das pesquisas com esse enfoque oferecem revisões bibliográficas ou o estado da arte do percurso seguido pela abordagem CTS no ensino de ciências. Ainda que apresentem as tendências e as influências teóricas e metodológicas, esses trabalhos não reconhecem a superação das concepções limitadas da tecnologia como um tema a ser investigado.

Como se poderia esperar, o pouco entendimento da natureza do conhecimento tecnológico também está presente nas concepções dos professores de ciências. Alguns autores (Bispo Fl. *et al.*, 2013; Deconto, Cavalcanti & Ostermann, 2016; Firme & Amaral, 2008; Fourez, 2003; Martinand, 2003; Niezwida, 2007, 2009; Ricardo, Custódio & Rezende Jr., 2007; Vries, 1996) ressaltam que os professores têm grandes dificuldades para reconhecerem a tecnologia como uma possível referência de conteúdos a serem ensinados, ou seja, de incorporar a tecnologia como objeto de ensino nos programas curriculares. Apontam ainda que os professores tendem a posicionar a tecnologia em um *status* inferior em relação à ciência, já que aquela seria mera aplicação desta. Ao mesmo tempo, poucas pesquisas tratam da formação do professor capaz de implementar

práticas de ensino que superem tais obstáculos (Santos, Tenório & Sundheimer, 2018; Veraszto *et al.*, 2013). Frequentemente, a educação (ou alfabetização) tecnológica é assumida como uma consequência natural da educação (ou alfabetização) científica.

É nesse contexto que o presente trabalho se apresenta como ponto de partida para investigar como é tratada a relação entre a ciência e a tecnologia, bem como a natureza do conhecimento tecnológico, na formação inicial dos professores de física no Brasil. Todavia, não se trata de esgotar o assunto. Ao contrário, espera-se reconhecer e caracterizar uma lacuna a ser investigada e, para isso, oferecer um estudo exploratório a respeito do tema. Procura-se, ainda, avaliar os possíveis espaços nos programas de formação que garantam alguma discussão acerca da tecnologia inclinada a buscar práticas docentes com vistas a uma educação tecnológica. Para isso, foram analisados os Projetos Pedagógicos de 19 cursos de formação de professores de física, de 06 instituições públicas de ensino superior do Estado de São Paulo. Os resultados encontrados indicam que há pouco espaço para tais discussões, o que fragiliza a expectativa de uma educação tecnológica nas práticas desses futuros professores em sala de aula. Some-se a isso a presença de concepções a respeito da tecnologia que já foram alvo de críticas na literatura especializada; algumas das quais serão apresentadas a seguir.

A NATUREZA DO CONHECIMENTO TECNOLÓGICO

Ainda que não seja possível neste trabalho uma discussão exaustiva acerca de todos os aspectos envolvidos na relação entre a ciência e a tecnologia, bem como na natureza do conhecimento tecnológico, torna-se relevante estabelecer alguns pontos de partida que orientaram a análise dos Projetos Pedagógicos.

Assim, é relevante salientar que, ao mesmo tempo em que a tecnologia é reconhecida como um importante motor da cultura, pouco se discute a respeito de sua dimensão gnosiológica. Alguns filósofos (Bunge, 1985; Cupani, 2013; Dusek, 2006; Fourez, 2003; Palacios *et al.*, 2001; Quintanilla, 2005; Quintanilla *et al.*, 2017) têm defendido uma epistemologia e uma identidade próprias ao objeto tecnológico. Isso evitaria, por exemplo, confundir ciência aplicada com tecnologia; ou reduzir esta àquela¹. Ao mesmo tempo, não se pode esperar uma distinção clara dos objetos da ciência e da tecnologia em todas as situações. Há interseções entre esses campos que não podem ser eliminadas, especialmente na atualidade.

Enquanto a ciência moderna recorre a aparatos tecnológicos, a tecnologia se serve do conhecimento científico disponível. Entretanto, ambas são empreendimentos humanos com características e objetos distintos. Em linhas gerais, para Bunge (1985) a tecnologia pode ser compreendida como o estudo científico do artificial, ou, de modo menos amplo, como um campo de conhecimento próprio preocupado com o planejamento e a produção de artefatos fundamentados no conhecimento científico. Nesse sentido, tecnologia se difere de técnica. Segundo Bunge (1985), a técnica se caracteriza por atividades práticas, amparadas por conhecimentos pré-científicos; já a tecnologia se consolida como o processo de pesquisa – desenvolvimento – produção de artefatos, vinculados ao conhecimento científico. Na mesma direção, Cupani (2013) afirma que a aplicação do conhecimento científico na produção de um artefato caracteriza uma importante diferença entre técnica e tecnologia; esta se apoia na utilização de saberes teóricos, aquela em conhecimentos empíricos. Mitcham (1994), por sua vez, defende a utilização do termo técnica quando o fazer humano é o mais relevante e tecnologia quando o mais importante é o artefato².

Os artefatos tecnológicos são, portanto, a dimensão mais visível/evidente do processo tecnológico, mas este não se reduz àqueles. É importante lembrar que Bunge (1985) entende que algo é artificial quando é controlado ou feito deliberadamente, apoiado em conhecimento aprendido e potencialmente utilizável pelos seres humanos. Além disso, para este autor, tanto a técnica quanto a tecnologia se associam à produção de algo artificial, o que pode ser a modificação do estado de um sistema natural e não apenas a produção de um objeto. Ainda que seja bastante complexo, pode-se destacar aqui ao menos quatro elementos essenciais de um processo tecnológico, a saber, a identificação de necessidades, o projeto de uma ou mais soluções possíveis, a construção da solução mais promissora e sua avaliação diante da necessidade original (Gilbert, 1992). Essa linearidade é, todavia, mais didática que epistemológica. A avaliação pode alimentar um novo processo e novas decisões. Uma consequência disso é a influência dos valores manifestos em uma sociedade

¹ Para Bunge, pode-se dizer que nem a ciência aplicada é mera aplicação da ciência básica. Ciência aplicada funcionaria como uma linha intermediária entre a ciência básica e a tecnologia. Cupani segue na mesma direção e afirma que “a rigor, a ciência aplicada só merece esse nome na medida em que produz algum conhecimento novo pela sua possível utilidade. [...] trata-se de um saber inédito que prolonga ou transforma o saber produzido pela pesquisa básica, em vez de aplicá-lo.” (Cupani, 2013, p. 100)

² O próprio autor salienta que há casos que transitam entre a produção e o uso de artefatos, como o gerenciamento, assumido como uma atividade tecnológica (Mitcham, 1994; Cupani, 2013).

no desenvolvimento tecnológico, pois a eleição das necessidades sociais prioritárias estará subordinada, em grande medida, a uma ordem social, econômica e cultural. Cupani (2013), ao apresentar a filosofia de Bunge, ressalta que o cientista concentra seu interesse nas coisas em si mesmas, ao passo que o tecnólogo aponta seu interesse no que pode se submeter ao controle humano. Assim, *“enquanto o cientista busca a verdade, o tecnólogo deve, por definição, servir aos interesses de quem determina o objetivo a ser alcançado”* (Cupani, 2013, p. 101). É evidente a relevância de aspectos morais e éticos nessa perspectiva: *“a ciência (pura ou aplicada) não julga a realidade investigada, limitando-se a descrevê-la e explicá-la. Já a tecnologia inclui uma essencial valoração dos recursos em função do objetivo e, certamente, dos produtos tecnológicos”* (Cupani, 2013, p.101)³. Ou seja, enquanto a ciência procura satisfazer requisitos epistêmicos, a tecnologia busca satisfazer mais as necessidades e expectativas não epistêmicas (Cupani, 2013)⁴. Ainda segundo Cupani, a tecnologia é sempre acompanhada de alguma valoração, seja positiva, seja negativa.

A tecnologia, como área produtora de conhecimentos próprios, é composta por uma comunidade de tecnólogos, com características específicas, publicações direcionadas e normas em comum. Nesse aspecto, a comunidade dos tecnólogos se diferencia da dos cientistas, pois a circulação de ideias e cooperação são restritas, já que estão envolvidos segredos industriais, militares, registros de patentes, que têm forte peso mercadológico. Além disso, são elementos potenciais de controle e influências sobre aqueles que não os possuem.

Outra diferença entre o empreendimento tecnológico e o científico é a urgência de respostas. Conforme Bunge (1985), o método peculiar do processo tecnológico consiste no *“reconhecimento e formulação de um problema prático – projeto de uma coisa, estado ou processo para solucionar um problema com alguma aproximação – construção de um protótipo – teste – avaliação – revisão do projeto, teste ou problema”* (p. 236). Os produtos, problemas e métodos da tecnologia evoluem constantemente, pois novos problemas exigem novas técnicas, novas adaptações e busca por conhecimentos disponíveis, por exemplo, na ciência (Rosenblueth, 1980). Este autor salienta ainda que isso faz com que a tecnologia tenha um *background* específico. Em outras palavras, *“a tecnologia não está separada da teoria nem é mera aplicação da ciência pura; tem uma componente criativa particularmente manifesta na pesquisa tecnológica e no planejamento de políticas tecnológicas”* (Rosenblueth, 1980, p. 191). Nesse sentido, Utges, Fernández & Jardon (1996) destacam ainda que não seria prudente atribuir à ciência a racionalidade na compreensão dos fenômenos naturais e reservar à tecnologia o papel de ciência aplicada puramente empirista; ou, como visto anteriormente, à simples produção de artefatos. Segundo Cupani (2013), *“a costumeira associação da tecnologia com artefatos faz com que não se perceba que ela é também um modo específico de conhecer, que enquanto tal não se reduz à mera aplicação do conhecimento científico”* (p. 169).

A tecnologia assim compreendida, em sua relação com a ciência e como campo de produção de conhecimentos específicos, permite estabelecer as bases de uma educação científico-tecnológica. Nesse sentido, tanto a tecnologia quanto a ciência podem ser consideradas referências de conteúdos a serem didatizados e, por conseguinte, ensinados na escola. Considerando-se a perspectiva de ampliar a percepção do que seriam os conteúdos escolares, poder-se-ia dizer que os processos tecnológicos e os processos de produção do conhecimento científico também passariam a ser considerados fontes de conteúdos a serem ensinados. Para Fourez (2003), se as tecnologias forem compreendidas como mera ciência aplicada, desconsiderando-se os aspectos sociais, econômicos e culturais envolvidos, inviabilizaria seu estudo crítico e se assumiria a utilidade e a aplicabilidade dos recursos tecnológicos como sendo boas por si mesmas.

Nessa perspectiva, Fourez (2003) defende que os alunos deveriam compreender não só o funcionamento dos aparatos tecnológicos, mas também as implicações sociais da tecnologia, para negociar com os produtos científico-tecnológicos que estão disponíveis a sua volta e entender que se estabelecem relações de poder a respeito de seu uso. Isso se torna evidente, por exemplo, quando se verifica historicamente que, ao mesmo tempo em que a ciência e a tecnologia garantiram a sobrevivência e, em certa medida, a melhoria da qualidade de vida do homem, ultrapassaram o atendimento das necessidades e asseguraram àqueles que as detêm a possibilidade de controle sobre os outros. Além disso, a tecnologia cria novas necessidades, novas vias de consumo. Veja-se, por exemplo, o telefone celular e todas as demais funções de que dispõe atualmente. Cupani (2013), ao analisar a filosofia de Gilbert Simondon⁵, ressalta que a tecnologia também está sujeita a motivações sociais, para além das econômicas. Este autor cita como

³ Não se trata de atribuir neutralidade à ciência, mas de perceber uma maior ou menor susceptibilidade a influências na agenda de pesquisa nos campos científicos e tecnológicos.

⁴ Claro está que o autor se refere a ênfases e não a campos excludentes. Ainda em sua exposição da filosofia de Bunge, Cupani (2013) destaca também alguns postulados epistemológicos que seriam comuns à ciência e à tecnologia, segundo aquele autor.

⁵ Simondon, G. (1989). *Du mode d'existence des objets techniques*. Paris: Aubier.

exemplo o caso dos automóveis, cujo aperfeiçoamento, em alguns casos, busca bem mais torná-los socialmente desejáveis do que melhorar seu funcionamento.

Na mesma direção aponta Quintanilla (2005), ao destacar as mudanças que se estabeleceram na organização social a partir da Revolução Industrial, para além das inovações tecnológicas. Isso se caracteriza bem ao compararmos as inovações artesanais, e sua relação mestre – aprendiz, que ocorriam de forma mais lenta, e a inovação tecnológica na era da produção industrial capitalista, muito mais rápida e praticamente intrínseca à tecnologia. Ao tratar da interação entre tecnologia e cultura, Quintanilla ressalta que:

“As técnicas aparecem e se desenvolvem em um determinado contexto cultural e, ao mesmo tempo, contribuem para configurar a cultura da sociedade. O específico da tecnologia atual é o tipo de cultura que demanda e a intensidade com que influencia na mudança cultural.” (Quintanilla, 2005, p. 27)

A tecnologia demanda conhecimento científico, interfere substancialmente na agenda científica e já se instalou nas organizações dos sistemas de produção industrial. O desenvolvimento tecnológico, prossegue Quintanilla, *“exige a vigência de determinados valores na sociedade, como o valor da eficácia, da racionalidade econômica, o ideal da coerência nos sistemas de preferências e em geral alguma forma de moralidade racionalmente aceitável”* (2005, p. 28)⁶. Além disso, outro aspecto que coloca em xeque a ideia da redução da tecnologia a mera aplicação da ciência são os distintos grupos de sistemas técnicos existentes. Quintanilla (2005) destaca dois grandes grupos: a tecnologia de produto e a tecnologia de processo. No primeiro caso, trata-se da construção de artefatos; no segundo, menos lembrado quando se fala de tecnologia, trata-se do controle e gestão de um processo para que se obtenha os resultados esperados e com características previamente estabelecidas. De fato, prossegue o autor, muitas inovações tecnológicas são do segundo tipo⁷. Bunge (1985) segue na mesma direção ao associar a tecnologia à produção de algo artificial, conforme foi tratado anteriormente, o que não significa obrigatoriamente a fabricação de um artefato.

Assim entendida a tecnologia, pode-se supor que a avaliação de projetos de inovação tecnológica comporta elementos internos e externos à tecnologia. Quando se fala da tecnologia como objeto de ensino, espera-se também que uma compreensão mais profunda de sua natureza permita uma participação efetiva da sociedade na avaliação de projetos e processos tecnológicos. Aspectos sociais, econômicos, políticos e ambientais, por exemplo, são fatores externos à tecnologia que, no entanto, podem envolver ações com consequências diretas na sociedade. Quintanilla (2005) salienta que *“em um programa de P+D [pesquisa e desenvolvimento] combinam-se decisões políticas, atividades de pesquisa científica e de projetos tecnológicos, e processos de avaliação interna e externa”* (p. 141). Ademais, continua o autor, *“um programa de P+D responde sempre a objetivos de desenvolvimento social ou econômico”* (p.141).

Um dos aspectos mais relevantes nos programas de P+D, segundo Quintanilla (2005), é tornar compatíveis os interesses sociais com os interesses científicos e tecnológicos. Para isso, é necessário estabelecer critérios adequados de avaliação⁸ e isso não ocorre apenas no âmbito interno dos empreendimentos tecnológicos. Fatores externos, incluindo-se os usos da tecnologia em questão, deveriam ser considerados, para além da tecnologia propriamente dita e avaliada sob critérios predominantemente internos/técnicos. Avaliação de riscos e de impactos ambientais e sociais são os critérios mais lembrados; e aqui cabe reforçar que não se trata apenas de avaliar os riscos e os impactos da aplicação ou do uso de um artefato ou processo tecnológico, mas também a própria produção do artefato. Vale salientar que tais impactos podem ter consequências irreversíveis; daí a importância da avaliação, interna e externa. Com efeito, para Quintanilla (2005) e Quintanilla *et al.* (2017), o grau de reversibilidade da aplicação de uma tecnologia deveria ser um dos critérios de avaliação.

Outro fator a considerar é o papel estratégico da ciência e da tecnologia na sociedade atual, incluindo-se o campo econômico e social. Nesse sentido, Quintanilla (2005) ressalta uma concepção muito presente nas reflexões relativas às políticas em ciência e tecnologia: *“existe uma alta correlação entre nível de desenvolvimento econômico e nível de gasto em atividades de pesquisa por parte dos países”* (Quintanilla, 2005, p. 190). Entretanto, se tratada de modo superficial, essa constatação pode levar a uma concepção discutível acerca da tecnologia, a saber, o desenvolvimento tecnológico como um processo linear. Segundo

⁶ Quintanilla (2005) oferece como exemplos, entre outros, as tecnologias de controle de natalidade e de fecundação *in vitro*.

⁷ Essa distinção não nega possíveis interdependências entre tecnologias de processo e de produto. Ver também nota 2.

⁸ Quintanilla (2005), Quintanilla *et al.* (2017), Quintanilla e Lopez (2018) e Parselis (2018) abordam esse assunto, incluindo-se propostas de critérios de avaliação de programas de P+D+i (Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação) e de política científica e tecnológica.

Cerezo (1998, 1999), Quintanilla e Bravo (1997) e Quintanilla (2005, 2012), o modelo linear de desenvolvimento tecnológico está superado na literatura especializada.

O chamado modelo linear de desenvolvimento tecnológico, com o qual se associa a concepção de tecnologia como mera ciência aplicada, tem influenciado de modo particular as políticas públicas sobre ciência e tecnologia. De acordo com esse modelo, pressupõe-se que as pesquisas em ciências básicas transformar-se-ão em avanços tecnológicos inevitavelmente e estes gerarão riquezas que, por sua vez, proporcionarão bem-estar social. Isso é parcialmente verdadeiro, pois a passagem de um estágio para outro não se dá naturalmente, ou mesmo automaticamente, obedecendo a uma linearidade. Ao contrário, a superação de tais etapas exige ações de naturezas distintas, internas e externas à ciência e à tecnologia.

Uma consequência desse modelo linear é a percepção simplória do processo de transferência de tecnologia. Com frequência, reduz-se tal empreendimento a simples transferência de conhecimento. Conforme Quintanilla (2005)⁹, a redução da tecnologia à produção de artefatos ou mera aplicação do conhecimento científico disponível dificulta a compreensão de um processo de transferência de tecnologia entre culturas. Ou seja, não se trata apenas de possuir o conhecimento técnico ou tecnológico, mas de todas as estruturas, materiais e pessoais, e *know how* suficientes para implementá-la. Há uma gama de conhecimentos técnicos e tecnológicos subjacentes à produção de um artefato ou à implementação de um processo tecnológico inovador. Nas palavras do autor:

“(...) dispor de uma tecnologia requer dispor do capital que permita acessar as matérias primas e os equipamentos necessários para aplicá-la, bem como da força de trabalho adequadamente qualificada, tanto do ponto de vista das tarefas de execução quanto das de gestão.” (Quintanilla, 2005, p. 108)

Além disso, em se tratando de inovações tecnológicas, Quintanilla e Bravo (1997) ressaltam que haveria ao menos dois aspectos a considerar: a capacidade de inovar e a propensão para inovar. A primeira, estaria mais relacionada aos aspectos técnico-científicos, enquanto que a segunda estaria mais associada aos elementos valorativos da tecnologia, como seu uso, avaliação e percepção pública. Ademais, uma tecnologia disponível pode ser usada para outros fins, distintos do original; ou para compor outras tecnologias. Portanto, torna-se vital para a compreensão dos processos de desenvolvimento tecnológico a superação das concepções simplificadas acerca da tecnologia apontadas até aqui. A questão é se os professores estariam preparados para iniciar esse debate em sala de aula; ou, ao menos, se percebem sua relevância na formação dos seus alunos.

ASPECTOS METODOLÓGICOS

Para empreender uma análise a respeito das concepções relativas à tecnologia presentes nos Projetos Pedagógicos dos cursos investigados, ou mesmo acerca da relação entre a ciência e a tecnologia, adotou-se como ponto de partida que se estaria buscando identificar os espaços explicitamente oferecidos para a abordagem de tais temas nas ementas das disciplinas dos cursos de Licenciatura em Física e/ou nos pressupostos teóricos expressos no corpo dos Projetos.

Para efeitos de análise, as disciplinas dos cursos foram separadas em três eixos: específicas, gerais e integradoras. As específicas se referem aos conteúdos diretamente ligados à área de referência. Por exemplo, as disciplinas de física e de cálculo para os Licenciados em Física são específicas. Disciplinas como Didática ou Psicologia da Educação são ditas gerais. E, aquelas que associam aspectos didático-pedagógicos aos conteúdos específicos, a saber, Metodologia do Ensino de Física, Prática de Ensino de Física, entre outras, seriam as integradoras.

Ainda que existam orientações oficiais do Ministério da Educação a respeito da formação inicial para todas as áreas, cada curso, em cada Universidade, apresenta suas ênfases e peculiaridades. Todavia, o panorama formador geral é bastante similar entre os cursos de Licenciatura em Física. Mas, há variações, por exemplo, na oferta de disciplinas optativas. A maior parte dos Projetos Pedagógicos analisados é de 2015 em diante, ou seja, bastante atuais. Entretanto, há Projetos datados de 2005, 2010 e 2012 também.

⁹ Quintanilla (2005) propõe o conceito de sistemas técnicos para definir tecnologia. Esse conceito é relevante para compreender melhor suas discussões a respeito da transferência de tecnologias.

Para este trabalho, optou-se por avaliar os Projetos Pedagógicos dos cursos de Licenciatura em Física do Estado de São Paulo, por admitir sua representatividade no cenário nacional. Elegeram-se ainda as instituições públicas de ensino superior para a análise. Dentre estas, vale lembrar, há dois tipos de instituições segundo o estatuto do seu mantenedor, a saber, as Federais (financiadas predominantemente com recursos da Federação) e as Estaduais (financiadas predominantemente com recursos do Estado de São Paulo). Foram analisados os Projetos dos cursos das seguintes instituições:

Quadro 1 – Instituições cujos Projetos Pedagógicos foram analisados.

Instituição	Campus	Estatuto
Universidade de São Paulo - USP	São Paulo	Estadual
Universidade de Campinas - Unicamp	Campinas	Estadual
Universidade Estadual Paulista - UNESP	Bauru Guaratinguetá Ilha Solteira Presidente Prudente Rio Claro São José do Rio Preto	Estadual
Universidade Federal de São Carlos - UFSCar	Araras São Carlos Sorocaba	Federal
Universidade Federal do ABC - UFABC	Santo André	Federal
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo - IFSP	Birigui Caraguatatuba Itapetininga Piracicaba Registro São Paulo Votuporanga	Federal

Como se sabe, uma mesma instituição pode possuir mais de um *Campus*, localizados em distintas cidades. Nesses casos, os Projetos Pedagógicos apresentam semelhanças e diferenças, tanto na oferta de disciplinas, quanto nos princípios gerais do curso. Há outras instituições públicas ou *Campi* que oferecem cursos de Licenciatura em Ciências, alguns com habilitação em Física, mas estes não foram analisados nesse momento. O mesmo ocorreu com as instituições privadas do Estado de São Paulo que oferecem o curso de Licenciatura em Física.

A pesquisa e análise dos Projetos Pedagógicos foram realizadas em 2018, a partir dos materiais disponíveis nos sítios dos respectivos cursos. Em alguns casos, as informações referentes às ementas das disciplinas do curso não eram facilmente encontradas. Também é razoável admitir que existem diferenças entre os conteúdos previstos nos programas das disciplinas e aqueles efetivamente trabalhados na sala de aula. No entanto, os princípios norteadores dos cursos podem oferecer informações relevantes.

A abordagem metodológica geral da pesquisa se caracteriza como qualitativa. Entretanto, mais especificamente para os dados aqui apresentados e analisados, e no estágio atual em que se encontra, elegeu-se tratá-la como um Estudo Exploratório. Segundo Triviños (1987), esse tipo de pesquisa possibilita ao “*investigador aumentar sua experiência em torno de determinado problema*” (p. 109). Ou seja, a natureza exploratória da pesquisa busca um primeiro contato com o problema e pretende fazer surgir deste cenário os elementos necessários para prosseguir em investigações futuras, superando o mero exercício especulativo, a fim de identificar e analisar possíveis causas, contradições, consequências e implicações didáticas. Esse tipo de estudo procura evidenciar a relevância do assunto e a pertinência de novas investidas ao tema.

Para a coleta e análise das informações dos Projetos Pedagógicos, dentro de uma perspectiva exploratória, a Análise de Conteúdo¹⁰ se mostrou viável, pois possibilita buscar informações pontuais a partir de questões iniciais de interesse (Lüdke & André, 1986). Para Triviños (1987), a análise de conteúdo consiste em um conjunto de técnicas e procedimentos para analisar comunicações, mensagens, com vistas a encontrar indicadores qualitativos, na maioria das vezes, e estabelecer inferências e premissas. Para isso, o

¹⁰ Bardin (1977) faz uma diferenciação entre análise documental e análise de conteúdo. Para o autor, “o objetivo da análise documental é a representação condensada da informação, para consulta e armazenamento; o da análise de conteúdo, é a manipulação de mensagens (conteúdo e expressão desse conteúdo), para evidenciar os indicadores que permitem inferir sobre uma outra realidade que não a da mensagem.” (p. 46). Manipular a mensagem, para o autor, não significa distorcer seu significado; trata-se de trabalhar com a mensagem, analisá-la, buscando seu significado e sentido, explícito ou não.

autor destaca que é fundamental estabelecer uma base teórica a partir da qual a pertinência ou não das inferências e premissas feitas serão avaliadas.

Para Triviños (1987), a análise de conteúdo compreende, ao menos, três etapas, a saber, pré-análise, descrição analítica e interpretação referencial. A pré-análise consiste na organização do material e em uma primeira caracterização dos objetivos gerais de pesquisa e das hipóteses mais amplas. A descrição analítica compreende um primeiro estudo do material organizado, orientado por hipóteses e referências teóricas. Procedimentos de classificação e categorização iniciam-se nesta fase. A fase de interpretação referencial se consolida na sua intensidade e aprofundamento das relações e das nuances das comunicações. Nesse sentido, salienta Triviños (1987), o investigador não poderia concentrar-se apenas no conteúdo manifesto dos documentos. Para o autor, *“ele deve aprofundar sua análise tratando de desvendar o conteúdo latente que eles possuem”* (Triviños, 1987, p. 162). Assim, também foram analisadas as referências bibliográficas presentes nas ementas das disciplinas, bem como aquelas citadas no corpo do texto dos Projetos. Portanto, considera-se que foram atingidas essas três fases na análise aqui apresentada, com elementos de uma interpretação explícita dos conteúdos dos Projetos Pedagógicos de cada curso.

A partir das pesquisas mencionadas até aqui acerca das concepções de tecnologia e sua relação com a ciência, presentes em professores de ciências e nos livros didáticos das disciplinas científicas, bem como das duas primeiras fases da análise de conteúdo, foi possível construir as seguintes categorias:

- Educação tecnológica como uso de artefatos tecnológicos;
- Tecnologia como ciência aplicada;
- Modelo linear de desenvolvimento tecnológico;
- Determinismo tecnológico;
- Tecnologia como justificativa para o ensino de física.

É relevante destacar que categorias similares se encontram também em pesquisas fora do contexto brasileiro (Díaz et al., 2003; Dreyfus, 1992; Cerezo, 1998, 1999; Gordillo & Galbarte, 2002; Vries, 1996, 2005). Assim, os pontos de partida para o enfoque teórico da análise aqui apresentada foram as discussões presentes no item 2 e, para o enfoque metodológico, as categorias elencadas acima. No entanto, tais análises não buscam encontrar e apontar erros nos Projetos Pedagógicos. O intuito é evidenciar possíveis concepções acerca da tecnologia que já foram objeto de críticas na literatura, bem como suas implicações didáticas, ou seja, na formação dos futuros professores de física. As Instituições foram identificadas por letras do alfabeto em ordem aleatória em relação ao Quadro 1.

ANÁLISE DOS PROJETOS PEDAGÓGICOS

Uma análise geral de todos os Projetos Pedagógicos investigados sugere que a tecnologia dispõe de pouco espaço nos programas de formação inicial. Na maior parte das vezes, o termo tecnologia aparece como sequência natural do discurso, influenciado inclusive pelos documentos oficiais, como as Diretrizes Curriculares e os Parâmetros Curriculares, frequentemente citados nos Projetos. São poucos os casos em que se observa um potencial explícito de abordagem da relação entre a física/ciência e a tecnologia, conforme ilustram os extratos a seguir:

“[um dos objetivos do curso] Entender a relação entre o desenvolvimento da Física e o desenvolvimento tecnológico e associar as diferentes tecnologias à solução de problemas; Utilizar elementos e conhecimentos científicos e tecnológicos, particularmente, alguns conteúdos básicos para entender e resolver as questões problemáticas da vida cotidiana.” (Instituição D)

“[disciplina integradora – objetivos] Esta disciplina pretende levar o estudante a conhecer e considerar os processos históricos vinculados ao desenvolvimento da ciência e da tecnologia com vistas a se apropriar de um saber articulado que facilite a reflexão-ação autônoma, crítica e criativa comprometida com uma sociedade mais justa, em consonância com os avanços da tecnologia em todas as suas dimensões.” (Instituição G)

No primeiro caso, trata-se de um dos objetivos de todo o curso: *entender a relação entre o desenvolvimento da física e o desenvolvimento tecnológico*. Se tal entendimento implicar o aprofundamento dos aspectos históricos e filosóficos, seria possível superar concepções simplistas da tecnologia como mera ciência aplicada, por exemplo. Do contrário, pode-se ter o efeito inverso, ou seja, reforçar uma percepção discutível da relação entre essas duas áreas de conhecimento. A segunda parte parece reforçar isso, ao apontar para uma dimensão utilitarista do conhecimento. No segundo caso, trata-se de uma disciplina integradora que faz referência aos processos históricos relacionados ao desenvolvimento da ciência e da tecnologia. Sugere, portanto, um espaço possível de discussão e superação das concepções já apontadas.

Em um único caso, um dos Projetos Pedagógicos analisados apresentou uma diferenciação teórica entre técnica e tecnologia:

“Enquanto o conceito de técnica diz respeito ‘a utilização de instrumentos e métodos específicos para a obtenção de resultados precisos’ e, associada a ela, temos uma atitude técnica relacionada a um campo de atuação específica, a noção de tecnologia é mais abrangente. Ela se refere a sujeição da técnica ‘a critérios científicos – do âmbito da física, da história, da sociologia, da ecologia, da ergonomia etc.’ A atitude tecnológica é, portanto, ‘aquela de quem, perante o mesmo problema, procura encará-lo de diversos pontos de vista, elaborando um entendimento mais profundo do mesmo, imaginando soluções alternativas e obtendo conclusões relevantes para o aperfeiçoamento dos processos e produtos técnicos’.”¹¹ (Instituição I)

Ainda que não tenha abordado a relação entre ciência e tecnologia, este Projeto diferencia técnica e tecnologia sob uma perspectiva teórica. Todavia, não há continuidade dessa discussão na sequência do texto. De fato, o contexto no qual ocorre tal apresentação se refere à diferenciação entre escola técnica e centro tecnológico. Não está, portanto, relacionado às disciplinas do curso. Outros Projetos preveem a *relação entre ciência e tecnologia* como conteúdo de algumas disciplinas, sem especificar quais aspectos seriam abordados, podendo ser desde uma diferenciação sólida do ponto de vista teórico a uma redução da tecnologia à simples aplicação da ciência.

A grande maioria dos Projetos faz referência ao enfoque ou ao movimento CTS e CTSA, especialmente nas disciplinas integradoras, conforme indicam os textos abaixo:

“[disciplina integradora] A disciplina aborda os conceitos de Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS), levantando debates a respeito da influência das questões sociais no desenvolvimento da ciência e tecnologia e seus impactos socioambientais. Por meio de tais debates visa a refletir sobre as relações do desenvolvimento da ciência e tecnologia com o consumo contemporâneo das inovações tecnológicas assim como sobre a importância da implementação dos conceitos de CTS para o ensino básico brasileiro, além de promover a reflexão e ações voltadas para as relações étnico-sociais e para a preservação da biodiversidade no ambiente natural e construído, com sustentabilidade e melhoria da qualidade de vida.” (Instituição H)

“[disciplina específica – objetivos] Avaliar as consequências dos conteúdos estudados para a Educação Básica, com especial atenção à divulgação científica e às implicações CTSA (Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente) e com enfoque em aplicações acerca da conservação e da preservação da energia e dos impactos ambientais destas questões.” (Instituições E, F e H)¹²

Nas disciplinas de Prática de Ensino ou Metodologia de Ensino é mais comum aparecer alguma referência às abordagens CTS ou CTSA. Entretanto, nos dois casos acima, tal abordagem ocorre em cursos diferenciados. O primeiro se refere a um curso bem específico, no qual “as relações do desenvolvimento da ciência e tecnologia” compõem a ementa, tendo, assim, grande potencial para tratar da tecnologia. O segundo aponta as *implicações CTSA* como um de seus objetivos. Curiosamente, trata-se de uma disciplina específica, nas quais é pouco comum aparecer temas como esse.

Ainda que indicações aos movimentos CTS e CTSA sejam frequentes, cabe lembrar das pesquisas que apontam a fragilidade de tais abordagens em relação à tecnologia (Araújo, 2009; Gordillo & Galbarte,

¹¹ A referência indicada é Silva, A. et al. (1998). *Áreas Visuais e Tecnológicas*. Lisboa: Texto Editora.

¹² Alguns Projetos apresentaram partes de textos iguais aos de outras Instituições/Campi.

2002; Lopes et al., 2009; Maiztegui et al., 2002). Maiztegui et al. (2002) ressaltam que a tecnologia é uma dimensão negligenciada na educação científica. Diante disso, é razoável duvidar que a natureza do conhecimento tecnológico, e sua relação com a ciência, seja satisfatoriamente abordada, mesmo no contexto dos movimentos CTS e CTSA. Esse alerta, sob distintos enfoques, já foi feito por outros autores, a saber, Alcívar (2009), Eijck e Claxton (2008), Fourez (2003), Gilbert (1992, 1995), Guillén e Gallegos (2006) e Vries (1996, 2005).

Educação tecnológica como uso de artefatos tecnológicos

Trata-se da concepção segundo a qual o mero uso de artefatos tecnológicos, como computadores, *tablets*, simulações e outros, já proporcionaria uma educação tecnológica. O mesmo se aplica ao uso das chamadas Tecnologias da Informação e da Comunicação (TIC) para o ensino das ciências. Ou seja, subentende-se a promoção de uma educação tecnológica pelo simples uso de equipamentos e recursos instrucionais. Em alguns casos, observa-se uma confusão entre a chamada inclusão digital e a educação tecnológica.

É relevante destacar que o uso de artefatos tecnológicos ou das TIC no ensino de física não é um problema, a menos que seja entendido como educação tecnológica. Com tais recursos se ensina física; não tecnologia. No caso dos Projetos Pedagógicos analisados foi bastante comum encontrar referências ao uso das TIC ou de outros recursos, como *softwares* e simulações. No entanto, em nenhum deles se verificou a redução da educação tecnológica ao uso de tais recursos, ao menos não explicitamente. Alguns extratos podem ilustrar:

“[disciplina integradora] Produzir unidades de ensino pautadas em estratégias e recursos didáticos estudados pela área de pesquisa em ensino de física, tais como: abordagem histórica, filosofia e sociologia da ciência; enfoque ciência, tecnologia e sociedade (CTS); utilização de textos de divulgação científica e originais de cientistas; utilização de simulações didáticas computacionais.” (Instituição F)

“[Perfil do Egresso] É capaz de lidar com as novas tecnologias da informação e comunicação para lidar com as novas gerações. Concebe a Ciência como conhecimento histórico, desenvolvido em diferentes contextos sociopolíticos, culturais e econômicos. Descreve e explica fenômenos naturais, processos e equipamentos tecnológicos em termos de conceitos, teorias e princípios físicos gerais.” (Instituição H)

“[disciplina integradora – objetivos] Utilizar adequadamente as estratégias de resolução de problemas em aulas de Física. Propor e acompanhar projetos baseados no Movimento Ciência, Tecnologia e Sociedade. Saber planejar e dirigir aulas utilizando recursos das novas tecnologias da comunicação e informação no ensino da Física.” (Instituição N)

Nos extratos das Instituições F e N há incentivos para que os futuros professores recorram às estratégias associadas ao movimento CTS, às simulações e às TIC. Parece bem claro que tais estratégias são entendidas como recursos didáticos. No caso da Instituição H, as TIC teriam a função de se aproximar das *novas gerações*, o que é razoável. Entretanto, a parte final do extrato da Instituição H, ao afirmar que o egresso *“descreve e explica fenômenos naturais, processos e equipamentos tecnológicos em termos de conceitos, teorias e princípios gerais”*, pode subentender a ideia de que bastaria saber física para cumprir plenamente tais expectativas. Isso poderia induzir a pensar a tecnologia (processos e equipamentos) como aplicação direta da física/ciência.

Tecnologia como Ciência Aplicada

Nessa concepção, a tecnologia é reduzida a simples aplicação direta da ciência. Ou seja, a tecnologia nada mais é que uma ciência aplicada. Outros conhecimentos oriundos das pesquisas tecnológicas, por exemplo, são ignorados. Nessa perspectiva, as dimensões econômicas, sociais e culturais são desconsideradas no desenvolvimento tecnológico, conforme destaca Fourez (2003). Assim, tanto a natureza do conhecimento tecnológico quanto o seu desenvolvimento não são plenamente compreendidos. Seguem alguns exemplos:

“Há décadas, a Física tem sido base das revoluções tecnológico-industriais modernas: a primeira revolução foi a Termodinâmica; a segunda, o Eletromagnetismo e a terceira, a Física Quântica. No entanto, a dissonância entre o planejamento adequado do desenvolvimento industrial que a acompanha e as considerações dos impactos ambientais produzidos por ele, acabaram por constituir uma ameaça ao próprio desenvolvimento. Como exemplo, o milagre da energia abundante gerada pelas fissões nucleares, trazendo consigo o pesadelo dos resíduos radioativos.” (Instituição C)

“Muitos dos conceitos abstratos surgidos do estudo da Termodinâmica, do Eletromagnetismo e da Física Quântica, para citar algumas áreas, deram origem a tecnologias que hoje são de uso corriqueiro.” (Instituição E)

É certo que a física, e a ciência de modo geral, está associada aos avanços tecnológicos. No entanto, do modo como é apresentada essa relação nos textos acima pode induzir à falsa ideia de que a tecnologia é apenas uma aplicação da ciência. Se tal concepção não for desconstruída, pode levar também à compreensão questionável de que a culpa pelos desvios de uso dessas aplicações é da tecnologia; não da ciência, pois esta seria vista como neutra. A segunda parte do extrato da Instituição C poderia levar a isso. O caso clássico no qual alguns artefatos tecnológicos precederam a explicação científica de seu funcionamento não é explicitado, ainda que a Termodinâmica seja associada à Revolução Industrial nestes e em outros Projetos analisados. Outro exemplo ressalta o seguinte:

“Além da importância da Física na expansão das fronteiras do conhecimento fundamental, indispensável para a geração de novas tecnologias, ela também contribui para a sociedade com a formação de recursos humanos qualificados para solucionar problemas e trabalhar com novas ideias e recursos de última geração.” (Instituição R)

A afirmação de que a física é indispensável para a produção de novas tecnologias está correta. Entretanto, ao afirmar que também contribui para solucionar problemas, não fica claro se se trata de problemas da física ou problemas em geral. A ciência resolve problemas científicos. A tecnologia resolve problemas práticos e específicos, ainda que tal fronteira não seja tão nítida em alguns casos, conforme foi tratado no item 2. Além disso, a física aplicada, por exemplo, reivindica espaço próprio, mas continua sendo ciência; não tecnologia, conforme alertam Bunge (1985) e Cupani (2013). Essa concepção da tecnologia como aplicação direta da ciência se aproxima do chamado modelo linear de desenvolvimento tecnológico.

Modelo Linear de Desenvolvimento Tecnológico

Conforme já foi sucintamente tratado no item 2 deste artigo, esse modelo está subordinado a uma visão econômica segundo a qual mais tecnologia implica mais riqueza e esta, por conseguinte, mais bem-estar social. Assim, a tecnologia, bem como a ciência a ela associada, seria o principal motor do crescimento econômico e social.

Em linhas gerais, essa lógica não está errada. Todavia, o problema consiste em assumir que se trata de um caminho natural, ou seja, de que o bem-estar social será uma consequência natural da produção de conhecimento científico e tecnológico. Já na passagem da ciência básica para suas aplicações tecnológicas há um grande número de fatores que a tornam não-linear, não-direta, incluindo-se acesso a matéria prima, parque de produção, pessoas qualificadas para tal, técnicas para as mais variadas fases de produção, legislações, infraestrutura logística para produção e comercialização, ações políticas de cooperações e acordos de comercialização, capacidade de produção e consumo (interno e externo), capacidade e propensão à inovação, entre outros. Além disso, tanto a concepção de tecnologia como mera aplicação da ciência quanto o modelo linear de desenvolvimento tecnológico podem transmitir uma ideia de que a tecnologia é valorativamente neutra, ou seja, seu valor moral estaria dependente apenas de seu uso. Pacey (1990) defende a necessidade de assumir as tecnologias como práticas sociais, incorporando em seu estudo aspectos organizacionais e culturais, além dos técnicos. As reflexões de Cupani (2013) e Quintanilla (2005) já apresentadas apontam na mesma direção. Os extratos a seguir ilustram discursos que se aproximam desse modelo linear:

“A revolução tecnológica e social da qual somos partícipes é fruto destes avanços, em função das transformações promovidas pelo domínio científico de campos de pesquisa em Física Nuclear e de Partículas e Física do Estado Sólido, com grandes inovações em Ciência dos materiais e semicondutores, bem como com o desenvolvimento de tecnologia em nanoestruturas e da Física de altas energias. Estas são evidências de que essa Ciência está relacionada, como sempre esteve, direta ou indiretamente, a uma série de desdobramentos tecnológicos e culturais que constituíram a sociedade atual.” (Instituição E)

“[disciplina específica – objetivos] Propiciar uma visão científica que se aplica diretamente ao entendimento dos diversos aparatos tecnológicos oriundos da Primeira e da Segunda Revoluções Industriais, como os motores térmicos e refrigeradores, ao mesmo tempo em que se subsidia a compreensão de problemas ambientais contemporâneos relacionados à degradação energética e aumento da entropia universal.” (Instituição F)

Assim como em casos anteriores, as afirmações apresentadas nos extratos não estão completamente erradas, pois é historicamente notória a influência dos avanços científicos na tecnologia, nos meios de produção e nas transformações sociais. Mas, do modo como está exposto, parece que todos esses processos ocorreram naturalmente e em períodos muito curtos de tempo, além de estarem isentos de valores. A impressão que se dá é que apenas a ciência foi o motor de todas as grandes transformações. Questões políticas, econômicas, sociais, técnicas e tecnológicas parecem se subordinar ao avanço científico. Entretanto, uma análise mais profunda evidenciaria também que todos esses fatores influenciaram a ciência e as tecnologias. Cerezo (2009) sintetiza bem isso ao destacar que, nesse modelo, *“ciência e tecnologia são assim apresentadas como formas autônomas da cultura, como atividades valorativamente neutras, como uma aliança heroica de conquista da natureza”* (p. 120). A não compreensão disso leva a outro problema: o determinismo tecnológico.

Determinismo tecnológico

De certo modo, o chamado determinismo tecnológico é uma extensão do modelo linear de desenvolvimento tecnológico e se refere a uma visão de que todas as mudanças sociais dependem (ou dependeram) dos avanços tecnológicos. Trata-se de uma percepção de mão única e aí se encontra sua fragilidade, pois aspectos não técnicos também exercem papel relevante nos processos tecnológicos. Ademais, a tecnologia não se desenvolve apenas segundo sua lógica interna; trata-se de um processo eminentemente social e sujeito aos contextos sócio-políticos em que ocorrem. Disso decorre, por exemplo, que não é tão simples realizar uma transferência tecnológica de um país para outro. Muitas políticas públicas relativas à ciência e à tecnologia assumem, conscientemente ou não, esses modelos de desenvolvimento tecnológico. Algumas passagens dos Projetos analisados incorrem em um determinismo tecnológico. Os exemplos a seguir são ilustrativos:

“Há décadas, a Física tem sido base das revoluções tecnológico-industriais modernas: a primeira revolução foi a Termodinâmica; a segunda, o Eletromagnetismo e a terceira, a Física Quântica. No entanto, a dissonância entre o planejamento adequado do desenvolvimento industrial que a acompanha e as considerações dos impactos ambientais produzidos por ele, acabaram por constituir uma ameaça ao próprio desenvolvimento.” (Instituição C)

“A Educação Científica e Tecnológica ministrada [nome da Instituição] é entendida como um conjunto de ações que buscam articular os princípios e aplicações científicas dos conhecimentos tecnológicos à ciência, à técnica, à cultura e às atividades produtivas. Esse tipo de formação é imprescindível para o desenvolvimento social da nação, sem perder de vista os interesses das comunidades locais e suas inserções no mundo cada vez mais definido pelos conhecimentos tecnológicos, integrando o saber e o fazer por meio de uma reflexão crítica das atividades da sociedade atual, em que novos valores reestruturam o ser humano.” (Instituição D)

No primeiro exemplo, não ficou claro se a Termodinâmica, o Eletromagnetismo e a Física Quântica são assumidas como *revoluções tecnológico-industriais modernas* ou as bases destas. Além disso, parece que a física, e a tecnologia em sua versão aplicada, teria sido o único motor dessas revoluções, reforçando um determinismo tecnológico. Mas, aqui talvez seja apenas um problema de escrita e não de concepção. A segunda parte desse extrato leva a crer que a ciência e a tecnologia não têm qualquer responsabilidade pelos impactos ambientais causados. Ou seja, o problema estaria unicamente em seu uso. Trata-se de uma consequência bastante comum de um modelo linear de desenvolvimento tecnológico. Além disso, o segundo texto ilustra bem a via de mão única mencionada anteriormente em relação às influências da ciência e da tecnologia na cultura e nas atividades produtivas. O determinismo tecnológico é evidenciado ao referir-se a um *“mundo cada vez mais definido pelos conhecimentos tecnológicos”*.

Tecnologia como Justificativa para o Ensino de Física

Com frequência, os alunos questionam a pertinência e a relevância dos conteúdos escolares para suas formações. Perrenoud (1999) já alertava que os estudantes parecem não reconhecer que a escola irá prepará-los para os desafios que esperam enfrentar em suas vidas. Esse questionamento ocorre também com a física. Assim, buscar justificativas para que os alunos se interessem em aprender os conteúdos físicos presentes nos programas torna-se uma necessidade para o professor. A presença cada vez maior de artefatos tecnológicos no cotidiano das pessoas tem sido uma justificativa muito utilizada. No entanto, também é frequente assumir que a posse de conhecimentos científicos seria suficiente para compreender as tecnologias. Além de reduzir a tecnologia ao artefato, essa “justificativa” remete à seguinte questão: a física, tal como é ensinada na escola, é suficiente para que os alunos compreendam as tecnologias presentes em seu dia a dia? Se a resposta for negativa, então tal “justificativa” carece de sentido. Dois extratos podem servir de exemplo:

“O universo à nossa volta coloca questões complexas, tanto relacionadas aos fenômenos naturais ou ao mundo vivo, como a dispositivos tecnológicos, que se tornam cada vez mais sofisticados. Muitas vezes são as questões desse tipo que se apresentarão aos futuros professores, na leitura do mundo que farão com seus alunos.” (Instituição B)

“[disciplina específica – ementa] Esta disciplina apresenta a Relatividade e introduz os fundamentos da Física Quântica. Fornece ferramentas para o licenciado responder muitas perguntas de alunos que envolvem tecnologia. Capacita também o aluno a cursar Física Moderna II, Gravitação e Astronomia, e começa a preparação para estudar Mecânica Quântica.” (Instituição D)

Frequentemente, o uso da tecnologia para justificar o ensino e a aprendizagem da física está subordinado a uma concepção de tecnologia como ciência aplicada ou de modelo linear de desenvolvimento tecnológico. O que ocorre em alguns casos é a utilização de artefatos tecnológicos para explorar conceitos físicos presentes em seu funcionamento e/ou em sua produção, o que é muito diferente de explorar o conhecimento tecnológico implicado. E, aqui vale lembrar de que o artefato é apenas uma parte do conhecimento tecnológico produzido, aquela parte que chega, por exemplo, aos consumidores, submetido inclusive a avaliações de mercado e não apenas técnica. Além disso, outra questão que se apresenta é: a física, tal como é ensinada nas Licenciaturas, garante aos professores as competências necessárias para tratar das tecnologias com seus alunos?

Os documentos oficiais, como os Parâmetros e as Diretrizes Curriculares para o Ensino Médio, citados em alguns dos Projetos analisados, também apresentam algumas dessas concepções acerca da tecnologia. Um exemplo mais recente pode ser encontrado na Base Nacional Comum Curricular ao afirmar que:

“A contemporaneidade é fortemente marcada pelo desenvolvimento tecnológico. Tanto a computação quanto as tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC) estão cada vez mais presentes na vida de todos, não somente nos escritórios ou nas escolas, mas nos nossos bolsos, nas cozinhas, nos automóveis, nas roupas etc. Além disso, grande parte das informações produzidas pela humanidade está armazenada digitalmente. Isso denota o quanto o mundo produtivo e o cotidiano estão sendo movidos por tecnologias digitais, situação que tende a se acentuar fortemente no futuro.” (MEC, 2018, p. 473).

Na primeira parte do texto, as tecnologias digitais são reduzidas aos seus produtos: os artefatos. Estes sim cabem no bolso, nos automóveis e nas cozinhas. Assim compreendida, ou seja, a tecnologia reduzida ao artefato, passa-se uma ideia de neutralidade e os processos tecnológicos, sujeitos aos contextos socioeconômicos, são negligenciados. Na segunda parte do extrato, bem como na primeira frase, claramente se verifica uma tendência ao determinismo tecnológico.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nesta pesquisa, foram analisados os Projetos Pedagógicos de 19 cursos de Licenciatura em Física, de 6 instituições públicas de ensino superior do Estado de São Paulo. A análise dos conteúdos dos Projetos se concentrou não apenas em seu texto geral, mas também nas ementas das disciplinas e nas referências bibliográficas. O principal objetivo foi verificar as concepções de tecnologia presentes nesses documentos e se havia alguma previsão institucional para tratar desse tema na formação dos futuros professores de física. Para isso, estabeleceu-se uma reflexão teórica acerca da tecnologia, da qual surgiram 5 categorias para a análise. Discussões similares a respeito desse assunto presentes na literatura também contribuíram para a síntese dessas categorias.

Entretanto, as categorias de análise utilizadas têm muito mais um caráter metodológico do que epistemológico, pois, em última análise, todas derivam do chamado modelo linear de desenvolvimento tecnológico. Assim, a divisão apresentada serviu predominantemente para destacar algumas concepções e desdobramentos presentes nos documentos, já que os extratos foram retirados de seu contexto original. Todavia, a redução da tecnologia a uma simples aplicação da ciência, ou ao artefato tecnológico, foram as concepções mais comuns encontradas em todos os Projetos investigados, corroborando em alguns aspectos a literatura especializada.

Nenhum Projeto fez afirmações explícitas de que “a tecnologia é mera ciência aplicada”, ou que “a tecnologia determina todas as ações humanas”, ou ainda que “a tecnologia se reduz ao artefato produzido”. Ao mesmo tempo, nenhum Projeto negou explicitamente tais concepções, no sentido de chamar a atenção para a necessidade de analisar com mais profundidade as relações entre a tecnologia e a ciência/física, ou a relação entre a tecnologia e os aspectos sociais, históricos, econômicos e políticos nos mais distintos contextos. Superar essas concepções simplificadas da tecnologia e do desenvolvimento tecnológico poderia ser um dos objetivos dos cursos.

Há pouco espaço previsto nas disciplinas que compõem os cursos para discussões como essas. Alguns Projetos contemplam disciplinas que preveem a possibilidade de tratar da tecnologia, mas nenhuma aponta a necessidade de superar as concepções identificadas na análise, por exemplo. Ao que parece, as questões relativas à tecnologia, e suas relações com a ciência, com as pessoas e com outros aspectos sociais, foram incorporadas ao discurso educacional sem, contudo, haver clareza das implicações envolvidas. Quantitativamente, a palavra “tecnologia” está muito presente nos documentos analisados. Mas, isso não é suficiente. Tal constatação se torna mais preocupante na medida em que a literatura, nacional e internacional, já trata dessa temática há algum tempo, inclusive identificando a propagação dessas concepções entre os professores, alunos, livros didáticos e diretrizes curriculares. Algumas das referências utilizadas aqui ilustram tais afirmações.

No presente estágio da pesquisa, apenas os Projetos, as ementas e as bibliografias foram analisados. No entanto, é razoável supor que existem diferenças entre o que determinam os textos das ementas e o que ocorre de fato nos cursos. Possivelmente, há exceções ao que os documentos revelam. Assim, uma continuidade natural da pesquisa seria obter novos dados a partir dos docentes que trabalham com as disciplinas que apresentaram maior potencial para tratar da tecnologia na formação dos futuros professores. Outro caminho que poderia trazer dados relevantes seria uma investigação semelhante nos cursos de licenciatura em química. Essa proposta ganha força na medida em que são consideradas as observações feitas por Caillot (1996) ao analisar os programas escolares de física e química da década de 1990 na França. De acordo com Caillot, físicos e químicos atribuem *status* distintos à tecnologia. Segundo o autor, para o físico “a tecnologia é vista apenas como a aplicação de um saber elaborado por outros. Física e tecnologia são consideradas como dois domínios diferentes. Por outro lado, para o químico, a produção do conhecimento científico é inseparável da tecnologia (...)” (Caillot, 1996, p.32). Uma análise comparativa a respeito das concepções de tecnologia presentes nos Projetos dos cursos de licenciatura em física e química poderia avaliar se as conclusões de Caillot (1996) encontram alguma similaridade na formação de professores de física e química no contexto brasileiro.

O principal propósito desta pesquisa foi trazer um problema para discussão, porque ainda parece ser pouco explorado. Incorporar discussões filosóficas e históricas, para além da mera história da construção do artefato, e prever espaços institucionais para superar as concepções acerca da tecnologia aqui identificadas pode ser um passo importante na formação dos futuros professores de física.

REFERÊNCIAS

- Abreu, T. B., Fernandes, J. P., & Martins, I. (2013). Levantamento sobre a produção CTS no Brasil no período de 1980-2008 no campo de ensino de ciências. *Alexandria Revista de Educação em Ciência e Tecnologia*, 6(2), 3-32. Recuperado de <https://periodicos.ufsc.br/index.php/alexandria/article/view/37953>
- Alcíbar, M. (2009). Comunicación pública de la tecnociencia: más allá de la difusión del conocimiento. *Zer*, 14(27), 165-188. Recuperado de <https://ojs.ehu.eus/index.php/Zer/article/view/2408>
- Araújo, R. F. (2009). Os grupos de pesquisa em ciência, tecnologia e sociedade no Brasil. *Revista Brasileira de Ciência, Tecnologia e Sociedade*, 1(1), 81-97. Recuperado de <http://www.necso.ufri.br/atorede2011/osgruposdepesquisaemctsnobrasil.pdf>
- Asghar, A., Huang, Y-S., Elliott, K., & Skelling, Y. (2019). Exploring secondary students' alternative conceptions about engineering design technology. *Education Sciences*, 9(1), 1-18. <https://doi.org/10.3390/educsci9010045>
- Bardin, L. (1977). *Análise de conteúdo*. Lisboa, Portugal: Edições 70.
- Bispo Fl., D. O., Maciel, M. D., Sepini, R. P., & Alonso, A. V. (2013). Alfabetização científica sob o enfoque da ciência, tecnologia e sociedade: implicações para a formação inicial e continuada de professores. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 12(2), 313-333. Recuperado de http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen12/REEC_12_2_5_ex649.pdf
- Bunge, M. (1985). *Philosophy of science and technology: formal and physical sciences*. Treatise on Basic Philosophy. Dordrecht: Reidel.
- Cachapuz, A., Paixão, F., Lopes, J. B., & Guerra, C. (2008). Do estado da arte da pesquisa em educação em ciências: linhas de pesquisa e o caso "ciência-tecnologia-sociedade". *Alexandria Revista de Educação em Ciência e Tecnologia*, 1(1), 27-49. Recuperado de <https://periodicos.ufsc.br/index.php/alexandria/article/view/37408/28738>
- Caillot, M. (1996). La théorie de la transposition didactique est-elle transposable? In Raisky, C., & Caillot, M. (1996). *Au-delà des didactiques, le didactique: débats autour de concepts fédérateurs*. Bruxelles, Belgium: De Boeck & Larcier
- Cerezo, J. A. L. (1998). Ciencia, tecnología y sociedad: el estado de la cuestión en Europa y Estados Unidos. *Revista Iberoamericana de Educación*, 18, 41-68. <https://doi.org/10.35362/rie1801091>
- Cerezo, J. A. L. (1999). Los estudios de ciencia, tecnología y sociedad. *Revista Iberoamericana de Educación*, 20, 1-6. <https://doi.org/10.35362/rie2001049>
- Cerezo, J. A. L. (2009). Ciencia, técnica y sociedad. In Ibarra, A., & Olivé, L. (2009). *Cuestiones éticas de la ciencia y la tecnología en el siglo XXI*. Madrid, España: Biblioteca Nueva.
- Chiqueto, M. J. (2011). O Currículo de física do ensino médio no Brasil: discussão retrospectiva. *Revista e-Curriculum (PUCSP)*, 7(1), 1-16. Recuperado de <https://revistas.pucsp.br/index.php/curriculum/article/view/5646>
- Chrispino, A., Lima, L. S., Albuquerque, M. B., Freitas, A. C. C., & Silva, M. A. F. B. (2013). A área CTS no Brasil vista como rede social: onde aprendemos? *Ciência & Educação (Bauru)*, 19(2), 455-479. <https://doi.org/10.1590/S1516-73132013000200015>

- Constantinou, C., Hadjilouca, R., & Papadouris, N. (2010). Student's epistemological awareness concerning the distinction between science and technology. *International Journal of Science Education*, 32(2), 143-172. <https://doi.org/10.1080/09500690903229296>
- Cupani, A. (2013). *Filosofia da tecnologia*: um convite. Florianópolis, SC: UFSC.
- Deconto, D. C. S., Cavalcanti, C. J. H., & Ostermann, F. (2016). A perspectiva ciência, tecnologia e sociedade na formação inicial de professores de física: estudando concepções a partir de uma análise bakhtiniana. *Alexandria Revista de Educação em Ciência e Tecnologia*, 9(2), 87-119. <https://doi.org/10.5007/1982-5153.2016v9n2p87>
- Díaz, J. A., Alonso, A. V., Mas, M. A. M., & Romero, P. A. (2003). Creencias sobre la tecnología y sus relaciones con la ciencia. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 2(3), 1-26. http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen2/REEC_2_3_9.pdf
- Digironimo, N. (2011). What is technology? Investigating student conceptions about the nature of technology. *International Journal of Science Education*, 33(10), 337-352. <https://doi.org/10.1080/09500693.2010.495400>
- Dreyfus, A. (1992). Content analysis of school textbooks: the case of a technology-oriented curriculum. *International Journal of Science Education*, 14(1), 3-12. <https://doi.org/10.1080/0950069920140102>
- Dusek, V. (2006). *Filosofia da tecnologia*. São Paulo, SP: Loyola.
- Eijck, M. V., & Claxton, N. X. (2008). Rethinking the notion of technology in education: techno-epistemology as a feature inherent to human praxis. *Science Education*, 93(2), 218-232. <https://doi.org/10.1002/sce.20308>
- Firme, R. N., & Amaral, E. M. R. (2008). Concepções de professores de química sobre ciência, tecnologia, sociedade e suas inter-relações: um estudo preliminar para o desenvolvimento de abordagens CTS na sala de aula. *Ciência & Educação (Bauru)*, 14(2), 251-269. <https://doi.org/10.1590/S1516-73132008000200005>
- Fourez, G. (2003). Crise no ensino de ciências? *Revista Investigações em Ensino de Ciências*, 8(2), 109-123. Recuperado de <https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/542>
- Freitas, L. M., & Ghedin, E. (2015). Pesquisas sobre estado da arte em CTS: análise comparativa com a produção em periódicos nacionais. *Alexandria Revista de Educação em Ciência e Tecnologia*, 8(3), 3-25. <http://doi.org/10.5007/1982-5153.2015v8n3p3>
- Gilbert, J. K. (1992). The interface between science education and technology education. *International Journal of Science Education*, 14(5), 563-578. <https://doi.org/10.1080/0950069920140507>
- Gilbert, J. K. (1995). Educación tecnológica: una nueva asignatura en todo el mundo. *Enseñanza de las Ciencias*, 13(1), 15-24. Recuperado de <https://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/21389>
- Gonçalves, R. S., & Menezes, P. H. D. (2013). Educação em ciências balizada pelo enfoque CTS: perspectivas e possibilidades para o ensino de ciências da escola básica. In *Atas IX Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*. Águas de Lindóia.
- Gordillo, M. M., & Galbarte, J. C. G. (2002). Reflexiones sobre la educación tecnológica desde el enfoque CTS. *Revista Iberoamericana de Educación*, 28, 1-28. <https://doi.org/10.35362/rie280958>
- Guillén, D., & Gallegos, O. S. (2006). La enseñanza de la tecnología en la educación básica (un enfoque pedagógico). In *Actas I Congreso Iberoamericano de Ciencia, Tecnología, Sociedad e Innovación CTS+i*. México – D.F.
- Gutiérrez, M. A., & Serna, C. V. (2012). De la técnica a la tecnología. In Quintanilla, M. A., & Aibar, E. (2012). *Ciencia, Tecnología y Sociedad*. Madrid, España: Trotta.

- Hunsche, S., Dalmolin, A., Roso, C. C., Santos, R. A., & Auler, D. (2009). O enfoque CTS no contexto brasileiro: caracterização segundo periódicos da área de educação em ciências. In *Atas do VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*. Florianópolis.
- Lopes, N. C., Andrade, J. A. N., Queirós, W. P., Souza, R. R., Nardi, R., & Carvalho, W. L. P. (2009). Tendências do movimento CTS em dois eventos nacionais da área de ensino de ciências. In *Atas do XVII Simpósio Nacional de Ensino de Física*. Vitória, Brasil.
- Lüdke, M., & André, M. (1986). *Pesquisa em educação: abordagens qualitativas*. São Paulo, SP: E. P. U..
- Maiztegui, A., Acevedo, J. A., Caamaño, A., Cachapuz, A., Cañal, P., Carvalho, A. M. P., Carmen, L., Carré, D., Garritz, A., Gil, D., Gonzalez, E., Gras-Martí, A., Guisasola, J., López-Cerezo, J. A., Macedo, B., Martínez-Torregrosa, J., Moreno, A., Praia, J., Rueda, C., Tricárico, H., Valdés, P., & Vilches, A. (2002). Papel de la tecnología en la educación científica: una dimensión olvidada. *Revista Iberoamericana de Educación*, 28, 1-19. <https://doi.org/10.35362/rie280962>
- Martinand, J.-L. (2003). L'éducation technologique à l'école moyenne en France: problèmes de didactique curriculaire. *La Revue Canadienne de l'Enseignement des Sciences des Mathématiques et des Technologies*, 3(1), 102-116. <https://doi.org/10.1080/14926150309556554>
- MEC – Ministério da Educação. (2018). *Base nacional comum curricular*. Secretaria da Educação Básica. Brasília, DF: MEC.
- Mitchan, C. (1994). *Thinking through technology: the path between engineering and philosophy*. Chicago: The University of Chicago Press.
- Niezwida, N. R. A. (2007). A tecnologia como objeto de estudo na educação geral básica obrigatória: características e tendências a partir de um estudo com professores. *Dissertação* (Mestrado em Educação Científica e Tecnológica), Universidade Federal de Santa Catarina. Recuperado de <http://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/90482>
- Niezwida, N. R. A. (2009). A tecnologia como objeto de estudo: tendências de educação tecnológica. In *Atas do VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*. Florianópolis.
- Oliveira, S., Guimarães, O. M., & Lorenzetti, L. (2016). O enfoque CTS e as concepções de tecnologia de alunos do ensino médio. *Alexandria Revista de Educação em Ciência e Tecnologia*, 9(2), 121-147. <https://doi.org/10.5007/1982-5153.2016v9n2p121>
- Osorio, M. C. (2002). La educación científica y tecnológica desde el enfoque en ciencia, tecnología y sociedad: aproximaciones y experiencias para la educación secundaria. *Revista Iberoamericana de Educación*, 28, 1-15. <https://doi.org/10.35362/rie280959>
- Pacey, A. (1990). *La cultura de la tecnología*. Ciudad de México – D.F: Fondo de Cultura Económica.
- Palacios, E. M. G., Galbarte, J. C. G., Cerezo, J. A. L., Luján, J. L., Gordillo, M. M., Osorio, C., & Valdés, C. (2001). *Ciencia, tecnología y sociedad: una aproximación conceptual*. Madrid: Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura – OEI.
- Parselis, M. (2018). *Dar sentido a la técnica*. Madrid, España: Catarata.
- Perrenoud, P. (1999). *Construir as competências desde a escola*. (Trad. Bruno C. Magne). Porto Alegre, RS: Artes Médicas Sul.
- Quintanilla, M. A. (2005). *Tecnología: un enfoque filosófico y otros ensayos de filosofía de la tecnología*. México – D.F.: Fondo de Cultura Económica.
- Quintanilla, M. A. (2012). Tecnología, cultura e innovación. In Quintanilla, M. A., & Aibar, E. (2012). *Ciencia, tecnología y sociedad*. Madrid, España: Trotta.
- Quintanilla, M. A., & Bravo, A. (1997). *Cultura tecnológica e innovación*. Primera Parte: el concepto de cultura tecnológica. Madrid, España: Fundación COTEC.

- Quintanilla, M. A., Parselis, M., Sandrone, D., & Lawler, D. (2017). *Tecnologías entrañables*. Madrid, España: Catarata.
- Quintanilla, M. A., & Lopez, S. M. (2018). Una nueva agenda para la política científica. *Sistema – Revista de Ciencias Sociales*, 249-250, 137-149. Recuperado de <https://fundacionsistema.com/una-nueva-agenda-para-la-politica-cientifica>
- Ricardo, E. C., Custódio, J. F., & Rezende Jr., M. F. (2007). A tecnologia como referência dos saberes escolares: perspectivas teóricas e concepções dos professores. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 29(1), 135-147. <https://doi.org/10.1590/S1806-11172007000100020>
- Ricardo, E. C., Albayay, G. A., & Couso, D. (2011). Um estudo exploratório das concepções dos alunos acerca do ensino da física no Brasil, Chile e Espanha. In *Actas del I Congreso Internacional de Enseñanza de las Ciencias y la Matemática*. Tandil, Argentina, 1-10.
- Ricardo, E. C., & Freire, J. C. A. (2007). A concepção dos alunos sobre a física do ensino médio: um estudo exploratório. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 29(2), 251-266. <https://doi.org/10.1590/S1806-11172007000200010>
- Ricardo, E. C., & Zylbersztajn, A. (2002). O ensino das ciências no nível médio: um estudo sobre as dificuldades na implementação dos Parâmetros Curriculares Nacionais. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 19(3), 351-370. <https://doi.org/10.5007/%25x>
- Ricardo, E. C., & Zylbersztajn, A. (2007). Os parâmetros curriculares nacionais na formação inicial dos professores das ciências da natureza e matemática do ensino médio. *Investigações em Ensino de Ciências*, 12(3), 339-355. Recuperado de <https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/464>
- Ricardo, E. C., & Zylbersztajn, A. (2008). Os parâmetros curriculares nacionais para as ciências do ensino médio: uma análise a partir da visão de seus elaboradores. *Investigações em Ensino de Ciências*, 13(3), 257-274. Recuperado de <https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/442>
- Rosenblueth, E. (1980). Tecnologia e filosofia. In Bunge, M. (1980). *Epistemologia*. São Paulo, SP: T. A. Queiros/Edusp.
- Ruas, P. A. A. R. (2017). Interdisciplinaridade, problematização e contextualização: a perspectiva de um grupo de professores em um curso de formação. (Tese de doutorado em Educação). Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, SP. Recuperado de <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/48/48134/tde-10052017-144001/pt-br.php>
- Sá, M. B. Z., & Santin Fl., O. (2009). Relações entre ciência, tecnologia e sociedade em livros didáticos de química. *Acta Scientiarum*, 31(2), 159-166. <https://doi.org/10.4025/actascihumansoc.v31i2.461>
- Santos, V. T., Campos, A. F., & Almeida, M. A. V. (2005). Concepções dos professores de química sobre o desenvolvimento de competências na Escola. *Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências*, 7(1), 33-46. <https://doi.org/10.1590/1983-21172005070104>
- Santos, D. B. S. (2017). Abordagens de tecnologia presentes nos livros didáticos de química. (Dissertação de mestrado em Ensino de Ciências). Instituto de Física, Universidade de São Paulo, SP. <https://doi.org/10.11606/D.81.2018.tde-05072018-141953>
- Santos, J. P. S., Tenório, A. C., & Sundheimer, M. L. (2018). Visões de ciência e tecnologia entre licenciandos em física quando utilizam a robótica educacional: um estudo de caso. *Investigações em Ensino de Ciências*, 23(1), 32-55. <http://dx.doi.org/10.22600/1518-8795.ienci2018v23n1p32>
- Schmidt, R. B. (2013). A matemática nos parâmetros curriculares nacionais e na proposta curricular: a experiência docente na escola pública estadual de Santa Catarina. In *Atas do VI Congresso Internacional de Ensino de Matemática – Canoas, Brasil*.
- Silva, M. R. (2008). *Currículo e competências: a formação administrada*. São Paulo, SP: Cortez.

- Triviños. A. N. (1987). *Introdução à pesquisa em ciências sociais: a pesquisa qualitativa em educação*. São Paulo, SP: Atlas.
- Utges, G., Fernández, P., & Jardon, A. (1996). Física y tecnología: una integración posible. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, 13(2), 108-120. <https://doi.org/10.5007/%25x>
- Veraszto, E. V., Silva, D., Camargo, E. P., & Barros Fl., J. (2013). Concepções de tecnologia de graduandos do Estado de São Paulo e suas implicações educacionais: breve análise a partir de modelagem de equações estruturais. *Ciência & Educação (Bauru)*, 19(3), 761-779. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-73132013000300015>
- Vries, M. J. (1996). Technology education: beyond the “technology is applied Science” paradigm. *Journal of Technology Education*, 8(1), 1-12. <https://doi.org/10.21061/jte.v8i1.a.1>
- Vries, M. J. (2005). The nature of technological knowledge: philosophical reflections and educational consequences. *International Journal of Technology and Design Education*, 15, 149-154. <https://doi.org/10.1007/s10798-005-8276-2>

Recebido em: 13.02.2020

Aceito em: 24.10.2020