

Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
Instituto de Física  
Mestrado em Ensino de Física

Marina de Freitas

# CONHECIMENTO ABERTO NA EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS E TECNOLOGIA

Um estudo para a construção de uma educação emancipatória em  
sociedades do conhecimento

Porto Alegre  
2020

Marina de Freitas

CONHECIMENTO ABERTO NA EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
Um estudo para a construção de uma educação emancipatória em sociedades do conhecimento

Dissertação apresentada como requisito parcial à  
obtenção do título de mestra em Ensino de Física pelo  
Programa de Pós-graduação em Ensino de Física do  
Instituto de Física da Universidade Federal do Rio  
Grande do Sul.

Orientador: Ives Solano Araujo

Coorientador: Leonardo Albuquerque Heidemann

Porto Alegre  
2020

*A Terra, a Pachamama, e toda(s) sua(s) vida(s).*

## AGRADEÇO

À Maria Antônia e Denizard, que cultivaram em mim a admiração pela ciência, e que nunca podaram, pelo contrário, sempre regaram meu pensamento crítico e meu excessivo uso de argumentações para me safar dos castigos (mesmo que isso os tenha causado muitas dores de cabeça). Agradeço a eles pela confiança em mim e apoio incondicional ao meu crescimento profissional.

À Denise e Clarissa, pela determinação em me cuidar e proteger, e por me deixarem fazer o mesmo.

À Elisete, à Sirlei e ao Sérgio, e todos e todas que, como eles, estiveram presentes na minha família, cuidando dos detalhes, e que me propiciaram tanto crescimento e felicidade.

Ao CTA, e suas pessoas, que me fizeram *hacker*, que dão sentido ao meu trabalho de engenheira e cientista, e que me propiciaram momentos incríveis de amizade e aprendizado.

Ao Ives e ao Leonardo, que acreditaram em mim mesmo quando eu não acreditei, que me prestaram apoio constante, técnico e emocional, e corrigiram todas as minhas crases.

A minha rede de amigades, que dão sentido a minha existência em amor e alegria.

Às instituições e movimentos que lutaram, mesmo antes da minha existência, pelos meus direitos e deveres, e criam possibilidades para esse trabalho; em especial à CAPES, à UFRGS e o Instituto de Física, pelo investimento na minha pesquisa.

À Pachamama, e toda a vida que abriga e produz, por ter me acolhido e alimentado, e que dá sentido a minha luta.

“Em 2018, quando estávamos na iminência de ser assaltados por uma situação nova no Brasil, me perguntaram: “Como os índios vão fazer diante disso tudo?”. Eu falei: “Tem quinhentos anos que os índios estão resistindo, eu estou preocupado é com os brancos, como que vão fazer para escapar dessa”.”

Ailton Krenak, *Ideias para Adiar o Fim do Mundo*

O trabalho que segue, apesar de não tratar diretamente da “natureza”, trata da forma como parte dela (humanidade) pode usar suas práticas e ações (educação) para mobilizar suas ferramentas e conhecimentos (ciência e tecnologia) para “escapar dessa”. Espero, com isso, contribuir com nossa rota de fuga para “adiar o fim do mundo”.

## RESUMO

Promover uma educação dialógica e problematizadora, que fomente o engajamento pessoal de cada educando na sua emancipação e na luta pela superação das situações de injustiça e dependência em que se encontra, é o desejo de muitos educadores e educadoras. Alinhado com esse objetivo, o estudo teórico desenvolvido nesta dissertação parte da problematização sobre como o extenso uso de tecnologias proprietárias na educação impõe limitações aos educandos, molda suas formas de agir e pensar. Seu foco está na apresentação de alternativas ao paradigma proprietário no ensino de ciências e tecnologia, em especial o conhecimento aberto, como possibilidade para se concretizar uma educação emancipatória. Defende-se, então, o uso de Recursos Educacionais Abertos à luz da educação freiriana, fomentando assim uma cultura de colaboração e criação crítica e consciente no contexto educacional. Fundamentadas na Teoria da Sociedade do Conhecimento de Nico Stehr e nas ideias de Paulo Freire, as questões de pesquisa que dirigem esta investigação teórica são: i. Qual a concepção de conhecimento aberto originada dos movimentos de código aberto?; ii. Quais as implicações do conhecimento aberto no acesso ao conhecimento em uma sociedade do conhecimento?; iii. Quais as características de uma educação emancipatória em uma sociedade do conhecimento?; e iv. Quais as características e implicações de uma educação emancipatória baseada no conhecimento aberto em uma sociedade do conhecimento?. Inicialmente baseado nas concepções dos movimentos de código aberto e na Teoria de Hiperobjetos de Rafael Pezzi, é construída uma noção de conhecimento aberto como o conjunto obra-documentação-licença imerso em uma rede de outros conhecimentos abertos, sustentados pelas filosofias, práticas e ferramentas desses movimentos. Da leitura da TSC, entende-se que o conhecimento aberto diminui a escassez dos conhecimentos incrementais, que são diferenciados por serem adicionais em relação aos conhecimentos ordinários, e atenua barreiras para a formação de habilidades interpretativas e técnicas, ampliando assim as possibilidades de ação. Da articulação dessa leitura com a educação emancipatória, é proposto o conceito de Capacidade de Ação Emancipatória, caracterizada como conhecimentos, habilidades e a consciência necessária para a superação de situações de dependência e injustiça. Assim, maior contribuição na libertação é atribuída aos conteúdos e técnicas de Ciências e Tecnologias (C&T) ensinadas, já que esses têm influência direta e indireta nas oportunidades e modos de vida das pessoas. É também discutido que a formação das capacidades de ação emancipatória ocorre na estrita relação entre a consciência das situações de injustiça, o engajamento na libertação e o domínio das capacidades de ação necessária para a transformação da realidade, individual e coletiva. É nesse último elemento que o conhecimento aberto tem suas principais contribuições. Adicionalmente, uma educação emancipatória amplia as formas de participação social em C&T, favorecendo a produção de alternativas livres, colaborativas e descentralizadas, sem submeterem as pessoas ao controle e vigilância. Por fim, conclui-se que o conhecimento aberto é uma alternativa ao paradigma proprietário no ensino de C&T que pode contribuir para uma educação emancipatória, principalmente nos aspectos de dialogicidade entre reflexão e ação, consciência do lugar no mundo, esperança na, e possibilidades para a, transformação da realidade e criação de conhecimento, engajamento na própria libertação e desburocratização das mentes. As reflexões expostas propõem que o conhecimento aberto seja incorporado à educação emancipatória em C&T com todo seu potencial, não se resumido a ferramentas e materiais, mas como uma complexa rede de conteúdos, práticas e pessoas que, de um viés libertário, fortalecem as capacidades de ação que podem ser mobilizadas para a emancipação.

**Palavras-chave:** Conhecimento Aberto, Tecnologias Livres, Ciência Aberta, Paulo Freire, Sociedade do Conhecimento, Capacidade de Ação Emancipatória.

## ABSTRACT

Many educators want to promote a dialogical and problematizing education that promotes the personal engagement of each student in their emancipation and in the struggle to overcome situations of injustice and dependence. Aligned with this objective, the theoretical study developed in this dissertation, starts from the argument about how the extensive use of proprietary technologies in education imposes limitations on students, shaping their ways of acting and thinking; focuses on presenting alternatives to the proprietary paradigm in science and technology teaching, especially open knowledge, as a possibility to achieve an emancipatory education. Therefore, the use of Open Educational Resources in the light of Freirian education is advocated, thus fostering a critical and conscious culture of collaboration and creation in the educational context. Based on Nico Stehr's Knowledge Society Theory and Paulo Freire's ideas, the research questions that guide this theoretical investigation are: i. What is the concept of open knowledge originating from *open source* movements?; ii. What are the implications of open knowledge in accessing knowledge in a knowledge society?; iii. What are the characteristics of an emancipatory education in a knowledge society?; and iv. What are the characteristics and implications of an emancipatory education based on open knowledge in a knowledge society?. Initially based on the concepts of *open source* movements and Rafael Pezzi's Theory of Hyperobjects, a notion of open knowledge is constructed as the set of work-documentation-license immersed in a network of other open knowledge, supported by these philosophies, practices and tools movements. From the reading of the TSC, it is understood that open knowledge reduces the scarcity of incremental knowledge, which is differentiated by being additional to ordinary knowledge, and reduces barriers to the formation of interpretive and technical skills, thus expanding the possibilities for action. From the articulation of this reading with emancipatory education, the concept of Emancipatory Action Capacity is proposed, characterized as knowledge, skills and the necessary awareness to overcome situations of dependence and injustice. Thus, a greater contribution to liberation is attributed to the contents and techniques of Science and Technology (S&T) taught, since these have a direct and indirect influence on people's opportunities and ways of life. It is also argued that the formation of the capacities for emancipatory action occurs in the strict relationship between the awareness of situations of injustice, the commitment to liberation and the mastery of the capacities for action necessary for the transformation of reality, individual and collective. It is in this last element that open knowledge has its main contributions and contextual issues. Additionally, this education expands the forms of social participation in S&T, favoring the production of free, collaborative and decentralized alternatives of technology and science that measure social participation without subjecting people to control and surveillance. Finally, it is concluded that open knowledge is an alternative to the proprietary paradigm in S&T education that favors emancipatory education, mainly in the aspects of dialog between reflection and action, awareness of the place in the world, hope in, and possibilities for, transformation of reality and creation of knowledge, engagement in the liberation and reduction of bureaucratized minds. The reflections exposed propose that open knowledge be incorporated into emancipatory education in S&T with all its potential, not limited to tools and materials, but as a complex network of contents, practices and people that, from a libertarian perspective, strengthen the capacities of action that can be mobilized for emancipation.

Keywords: Open Knowledge, Free Technologies, Open Science, Paulo Freire, Knowledge Society, Emancipatory Action Capacity.

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Lista de artigos de CTS de autores(as) brasileiros(as) analisados.....	23
Tabela 2: Lista de artigos de CTS de autores(as) norte-americanas analisados.....	24
Tabela 3: Lista de artigos de CTS de autores(as) europeus analisados.....	24
Tabela 4: Número de artigos encontrados em cada revistas analisadas (ensino de ciências). Os números indicam apenas os artigos que <i>queque</i> abordam os temas <i>da perspectiva investigada</i> . .....	35
Tabela 5: Artigos selecionados para análise baseado na abordagem apresentada dos conceitos, bem como artigos de revisão.....	38
Tabela 6: Número de artigos e trabalhos encontrados em cada periódico de ensino de engenharia e educação tecnológica, e nos anais do COBENGE.....	45
Tabela 7: Artigos e trabalhos selecionados para a análise na terceira etapa da revisão da literatura em ensino de engenharia, a última coluna indica quais os conceitos mencionados ou abordados pelos trabalhos.....	49



## Sumário

1	Introdução.....	9
2	Revisão da Literatura e Estudos Anteriores.....	19
2.1	Estudos Anteriores em Educação CTS.....	20
2.1.1	Resultados e Discussão: Estudos Anteriores em CTS.....	23
2.1.2	Implicações para o estudo.....	29
2.2	Revisão da Literatura: Ensino de Ciências e de Engenharia.....	31
2.2.1	Metodologia.....	31
2.2.2	Resultados e Discussão: Ensino de Ciências.....	34
2.2.3	Resultados e Discussão: Ensino de Engenharia.....	44
2.2.4	Implicações para o estudo.....	56
3	Referencial Teórico.....	64
3.1	Teoria da Sociedade do Conhecimento.....	64
3.1.1	O que é conhecimento?.....	67
3.1.2	Valor econômico do conhecimento.....	73
3.1.3	Desigualdades sociais na TSC.....	78
3.1.4	Capital Cultural e Conhecimento.....	80
3.1.5	Conhecimento e Poder.....	84
3.1.6	Conhecimento científico: público ou privado.....	87
3.1.7	Instituições, coletivos e indivíduos.....	91
3.1.8	Aspectos cognitivos do conhecimento.....	93
3.1.9	Reflexões e ponderações da TSC.....	95
3.1.10	O uso da TSC na pesquisa em educação CTS.....	104
3.2	Educação emancipatória de Paulo Freire.....	109
3.3	Movimentos de Código Aberto e Hiperobjetos.....	119
3.3.1	Movimentos de Código Aberto.....	122
3.3.1.1	Conhecimento Aberto segundo a OKF e <i>Hardware</i> de código aberto segundo a OSHWA.....	132
3.3.1.2	Cultura do compartilhamento e da colaboração.....	135
3.3.2	Hiperobjetos.....	137
4	Estudo: como alternativas ao paradigma proprietário no ensino de ciências podem favorecer a educação emancipatória?.....	144
4.1	Qual a concepção de conhecimento aberto originada dos movimentos de código aberto?.....	144
4.1.1	Conhecimento Aberto: obra, documentação e licenças.....	145
4.1.2	Conhecimento Aberto como Hiperobjeto.....	149
4.2	As implicações do conhecimento aberto para acesso ao conhecimento em uma sociedade do conhecimento: abertura e escassez.....	152
4.3	Educação emancipatória nas Sociedades do Conhecimento.....	158
4.4	Características e implicações de uma educação emancipatória baseada em conhecimento aberto em uma sociedade do conhecimento: Conhecimento aberto como Capacidade de Ação Emancipatória.....	165
4.5	Educação emancipatória fundamentada em conhecimento aberto e as capacidades de ação emancipatórias para a participação social na Ciência.....	178
4.6	Como alternativas ao paradigma proprietário no ensino de ciências e tecnologia podem favorecer a educação emancipatória?.....	187
5	Considerações Finais.....	193
5.1	Recapitulação.....	193
5.2	Perspectivas futuras.....	200

6 Anexo A – Expressões investigadas na Revisão da Literatura.....	208
7 Referências.....	210

# 1 Introdução<sup>1</sup>

A recente eclosão da pandemia de COVID-19 levou pessoas ao redor de todo o mundo a reinventarem a forma como se relacionam umas com as outras e consigo mesmas. Nosso alto estágio de globalização, com intenso fluxo de pessoas viajando entre países, fez com que apertos de mão em Wuhan, na China, tenham resultado no isolamento de milhares de pessoas ao redor do mundo (Han, 2020). A situação de calamidade levou países a intensificarem seus sistemas de controle sobre os cidadãos, da Coreia do Sul ao Brasil (Dieb & Gomes, 2020; Kim, 2020; Magenta, 2020), trazendo novamente à tona discussões sobre os riscos de sistemas de vigilância e privacidade – tanto em governo autoritários, como na China, como em governos com fracas leis de proteção de dados, como no Brasil (Affonso, 2020; Biddle, 2020; Campagnucci, 2020).

O estado de isolamento constante e de duração indeterminada tem oportunizado o crescimento de soluções de educação a distância, principalmente de *softwares* de videoconferência (Bandeira & Pasti, 2020). Muitas dessas soluções são proprietárias, ou seja, envolvem tecnologias, processos e obras que pertencem, via leis de propriedade intelectual, a indivíduos, empresas ou instituições. No Brasil, até dezembro de 2020, 72% das instituições públicas de ensino tem seus servidores de e-mail delegados a empresas como a Google e a Microsoft<sup>2</sup>. Essa prática demanda que seus estudantes e trabalhadores tenham que aceitar os termos dos acordos e, como consequência sejam compulsoriamente expostos a questionáveis práticas de vigilância e crimes cibernéticos (Iniciativa Educação Aberta [IEA], 2020). O Google Suite (GSuite)<sup>3</sup>, por exemplo, um pacote de soluções de *software* de conectividade, de criação colaborativa, de compartilhamento de arquivos e de controle oferecido pela Google

---

1 A gravação da defesa da dissertação, realizada em 03/12/21, está disponível em [https://www.youtube.com/watch?v=hST3TOKQnNM&list=PL3p6jEdHd0t\\_yv83WBrHx2aOeDAkPH0qY](https://www.youtube.com/watch?v=hST3TOKQnNM&list=PL3p6jEdHd0t_yv83WBrHx2aOeDAkPH0qY).

2 Retirado do projeto Educação Vigiada, disponível em <https://educacaovigiada.org.br/>. Acessado em 9 de dezembro de 2020.

3 Disponível em: <https://gsuite.google.com.br/intl/pt-BR>. Acessado em: 16 de abril de 2020.

para empresas e Instituições de Ensino (IE), tem sido amplamente adotado por IE da educação básica ao ensino superior (Parra et al., 2018). Apesar dos escândalos sobre vigilância massiva de pessoas em que a Google esteve envolvida, como o do programa Prism - que tinha como objetivo usar os dados da empresa para vigiar indivíduos dentro e fora dos EUA (Greenwald & MacAskill, 2013) - e a participação em projetos militares como o *Maven* - que previa o uso de inteligência artificial e aprendizado de máquina da empresa na análise de imagens obtidas com drones (Gibbs, 2018) -, IEs públicas e privadas têm adotado o pacote GSuite como solução para vários de seus problemas, alegando maior eficiência e baixo custo. Ao negligenciar as consequências dessa adoção, conduzem os estudantes a se submeter, de forma mandatória, a questionáveis e confusos termos de uso<sup>4</sup>, que alimentam sistemas de vigilância e controle, para terem acesso ao direito da Educação (Parra et al., 2018). O mesmo decorre do uso dos serviços oferecidos pela Microsoft<sup>5</sup>, também envolvida no projeto PRISM (Greenwald et al., 2013; Greenwald & MacAskill, 2013). Apesar das questionáveis práticas de seguranças, universidades, como a Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS, 2020), insistem em fechar acordos que, como denunciado por servidores, professores e estudantes<sup>6</sup>, trocam, compulsoriamente, seus dados por serviços.

O problema não se reduz, porém, apenas à espionagem. A perda de autonomia tecnológica e comunicacional - amplificada também pelo uso de outras tecnologias da GAFAM (Google, Amazon, Facebook, Apple e Microsoft) e *softwares* proprietários de engenharia, ciência e audiovisual (e.g. Autodesk, Solidworks, SPSS Statistics e Adobe Photoshop) - limitam as formas de educação, de comunicação, de expressão, de pensar, de inovar, de criar e até mesmo de agir (Parra et al., 2018). Do ensino fundamental ao superior, o uso de soluções proprietárias favorece que os estudantes sejam treinados a usar

---

4 Para uma maior discussão sobre o caráter confuso e ambíguos dos termos de uso, em especial da Google e da Microsoft, ver Lima (2020), disponível em <https://zenodo.org/record/4012539>.

5 Disponível em <https://www.microsoft.com/pt-br>. Acessado em Setembro de 2020.

6 Denunciado no *podcast* da Seção Sindical do ANDES-SN na UFRGS, disponível em: <https://open.spotify.com/episode/1RYvkjQ9yEtj6Oy6fMHIsq?si=4JOfvWI-Rwu0TXjpCHFoRw>. Acessado em Setembro de 2020.

exclusivamente o *design* presente na interface da tecnologia, unificando a forma de pensar e organizar as ideias, e alimentando uma dependência individual e coletiva dessas ferramentas. Essa lógica em que alunos, professores, gestores e demais profissionais são apenas usuários, passivos ao que empresas internacionais lhes oferecem, promove o que Freire chamou de “burocratização das mentes”, ou o conformismo das mentes acomodadas (Freire, 1996). Sem voz para opinar, nem meios para modificar as ferramentas, em vez de terem nas tecnologias digitais ferramentas para multiplicar as possibilidades de ensino e comunicação, se veem limitados ao que sua prestadora de serviços deseja. A adoção acrítica leva também à dificuldade do surgimento de competidoras nacionais, livres ou proprietárias (Parra et al., 2018), aprofundando assim a dependência social e econômica de corporações internacionais. Por fim, o que parece uma inovação no ensino, se apresenta como uma forma mais digital de reproduzir o ensino bancário.

Esse processo tem como consequência o afastamento da educação do seu objetivo libertário, tido por Freire como sua missão principal. Para o autor, a educação envolve a conscientização do indivíduo no seu lugar no mundo e promove seu engajamento na própria libertação e na transformação da sua realidade. Essa vontade parte do engajamento pessoal de cada educando na sua emancipação e na luta pela superação das situações de injustiça e dependência em que se encontra; é, portanto, uma educação emancipatória. A educação emancipatória, baseada nas relações de respeito, é dialógica e problematizadora; favorece a curiosidade crítica e a esperança da transformação do mundo nos estudantes; e cria as possibilidades para a produção e construção do conhecimento. Portanto, ao contrário de se conformar com a burocratização e conformação das mentes, a confronta (Freire, 1974, 1996).

Autores brasileiros que defendem e constroem um ensino de Ciências e Tecnologia (C&T) que inclua discussões sobre as relações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) – reunidos na área de Educação CTS - têm estudado como promover uma educação

emancipatória no ensino de C&T (e.g. Ayres dos Santos & Auler, 2019; Carletto, 2009; Muenchen & Delizoicov, 2014). Trabalhos desse campo apontam a importância da promoção de um ensino crítico, não resumido a uma educação técnica, nem dogmática. Segundo Auler e Delizoicov (2001), essa educação deve também combater concepções ingênuas e fatalistas sobre C&T, possibilitar a compreensão dos processos e discursos históricos, sociais e políticos que integram suas produções, e discutir os mecanismos de participação social que promovam sua democratização. Para isso, a educação científica e tecnológica deve promover uma leitura crítica do mundo, inspirada na educação emancipatória de Paulo Freire, e discutir, para além da análise dos impactos da ciência e da tecnologia, formas de participação social na sua produção (Auler, 2011; Ayres dos Santos & Auler, 2019), incluindo as práticas de ciência cidadã e comunitária (Parra et al., 2017; Dosemagen & Gehrke, 2017).

O problema não se resume, infelizmente, ao âmbito educacional. O *lobby* das produtoras de conteúdo audiovisual e editoras tem atuado para a criação de mecanismos legais e tecnológicos de vigilância e punição que impossibilitam o acesso e uso a produções culturais, científicas e tecnológicas (Lessig, 2004). Como o acesso e a modificação desses conteúdos são parte essencial da propagação e transformação das culturas, bem como fontes para a criação e inovação, o contínuo bloqueio ao conhecimento e produções artísticas e tecnológicas contemporâneas têm reservado a possibilidade de criação e inovação - ou seja, o controle sobre a cultura - àqueles com recursos financeiros para adquirir os direitos de acesso e uso desses conteúdos (Lessig, 2004), pensamento esse facilmente estendido ao domínio sobre a produção de conhecimento científico e suas derivações.

Entre as problemáticas mencionadas da naturalização do domínio de tecnologias e conteúdos proprietários na educação, destacam-se a formatação das mentes e o vínculo de dependência desenvolvidos, pois o conhecimento científico e tecnológico ensinado por meio delas passa a estar condicionado às formas de pensar que essas ferramentas produzem. Nesse

contexto, educadores e educandos têm suas possibilidades de intervir e transformar suas realidades moldadas, limitadas, pelas capacidades cognitivas e materiais que tecnologias, e também conteúdos, proprietários possibilitam. O paradigma proprietário, portanto, limita o potencial transformador e libertador da educação, sendo necessário uma maior reflexão de como as ferramentas, práticas e visões de mundo alinhadas com essa lógica afetam a educação; mais ainda, é preciso buscar alternativas a esse paradigma. Com isso posto, a presente dissertação tem como tema central:

*Como alternativas ao paradigma proprietário no ensino de ciências e tecnologia podem favorecer uma educação emancipatória?*

Muitas são as linhas possíveis a serem seguidas a partir dessa questão, como as noções de propriedade comunal, ou social. Dentre elas, o olhar para as alternativas à propriedade intelectual permite que as práticas e ferramentas educacionais, e também as científicas e tecnológicas, sejam avaliadas quanto a suas possibilidades de uso, modificação e disseminação. Alinhados a essa perspectiva, organizações civis passaram a se mobilizar contrariamente à propriedade intelectual e a favor do conhecimento aberto a partir do final do século XX. A exemplo, o movimento do *software* livre denuncia que a disseminação de códigos proprietários mantém os usuários dependentes dos produtores de código e aumenta as barreiras para o desenvolvimento tecnológico (Free Software Foundation [FSF], 2020c). Por isso, advoga a favor do desenvolvimento de *softwares* que deem aos usuários quatro liberdades: a de uso, a de estudo, a de modificação e a de distribuição (FSF, 2020c). De maneira similar, movimentos que defendem a publicação aberta de artigos científicos, entre eles, o movimento de Acesso Aberto (Albagli et al., 2014), acusam, desde a fundação dos primeiros periódicos científicos, que as editoras têm usado a publicação científica unicamente

para fins lucrativos, sem priorizar o impacto social que o acesso privado a esse tipo de conhecimento pode causar<sup>7</sup> (Acevedo Díaz, 1995; Monbiot, 2018).

Os *movimentos de código aberto*<sup>8</sup>, que incluem também os movimento de *Software* de Código Aberto, de *Hardware* de Código Aberto, de Dados Abertos, de Ciência Aberta e de Recursos Educacionais Abertos (REA), são movimentos independentes e interconectados que defendem modelos de produção e compartilhamento do conhecimento, em especial o científico e tecnológico, que não se baseiam na restrição ao seu acesso e uso. Fundamentados na aplicação de licenças abertas e dos registros *online* e públicos de códigos, esquemáticos, tutoriais e conteúdos diversos, esses grupos defendem a liberdade do acesso, uso, estudo, modificação, fabricação e até mesmo a venda de suas obras e produtos.

Suas práticas, filosofias e ferramentas surgem, portanto, como alternativas que ampliam o acesso à educação, à ciência e a tecnologias e promovem o desenvolvimento científico-tecnológico colaborativo. Possibilitam também que a cultura e o conhecimento se desenvolvam de maneira mais orgânica e espontânea, menos sujeitas aos interesses e vontades de grandes corporações e governos (Albagli et al., 2014; Lessig, 2004; Santana et al., 2012).

Devido ao enfoque crítico das abordagens CTS, esperava-se encontrar nessa área de estudo ponderações quanto à propriedade intelectual, em especial quanto às potencialidades dos movimentos de código aberto na educação. Contudo, como demonstrado no estudo descrito na seção 2.1, não foram encontrados trabalhos vinculando a Educação CTS a esses movimentos. Nas pesquisas em educação em ciências e engenharia, de maneira geral, a adoção de ferramentas e práticas desses movimentos, em especial de *software* e *hardware*,

---

7 Exemplos de ambos os movimentos são a empresa Red Hat, que, em 2018, obteve um faturamento de \$2,9 bilhões com a oferta de soluções, serviços e suporte com *softwares* livres (Red Hat, 2018), e a Public Library of Science (PLOS, [s.d.]), uma editora online que reúne mais de 215 mil publicações científicas revisadas por pares e disponíveis abertamente com licenças abertas.

8 Por suas defesas e definições se aproximarem das quatro liberdades do *software* mencionadas anteriormente, as organizações, instituições e grupos que defendem essas ideias serão chamadas de *movimentos de código aberto*. Resumir os movimentos como os REA, a Ciência Aberta e a Cultura Livre ao código aberto pode ser problemático, já que algumas vertentes podem defender versões mais reduzidas ou mais amplas das quatro liberdades. Por isso, é preciso fazer essa leitura com a compreensão de que esses movimentos não estão sendo reduzidos, e sim, que seus aspectos de código aberto estão sendo agrupados a outros movimentos.



tem sido discutida em congressos e periódicos da área (eg. *American Journal of Physics*, *Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Tecnologia*). Contudo, como detalhado na seção 2.2, o emprego de tais recursos é majoritariamente realizado de forma utilitarista, sendo justificado por elementos circunstanciais - como pela sua qualidade ou por seu baixo custo -, sem reflexões sobre as consequências da sua aplicação. Para além das vantagens técnicas e de acesso, a abertura do conhecimento científico e tecnológico tem, potencialmente, muito outros desdobramentos para a educação e para a sociedade (Albagli et al., 2014; Lessig, 2004; Santana et al., 2012).

Devido ao alinhamento da educação emancipatória com perspectivas educacionais transformativas, que demandam representações do mundo para dirigirem ações com vistas à libertação, foi necessária, para responder à questão colocada, uma compreensão da função social e da influência do conhecimento científico e tecnológico nas sociedades modernas. Dentre os caminhos possíveis para ampliar e atualizar esse debate, optou-se por articular à área da Educação teorias que descrevem o papel do conhecimento nas sociedades. Desde o início do século XX, tem se desenvolvido, principalmente nas ciências sociais, teorias que descrevem as sociedades modernas como sociedades do conhecimento (Adolf & Stehr, 2017; Stehr, 2018). O conceito ganha destaque a partir dos trabalhos de Peter Drucker – em *The Age of Discontinuity*, publicado em 1968 – e das discussões de Daniel Bell sobre sociedade pós-industrial, iniciadas também no início da segunda metade do século XX, e se diferenciam pelo importante papel econômico atribuído ao conhecimento (Adolf & Stehr, 2017).

O sociólogo alemão Nico Stehr propôs sua aceção de uma Teoria da Sociedade do Conhecimento (TSC), onde analisa o conhecimento de uma perspectiva econômica e social e, diferentemente das teorias anteriores, não apresenta o conhecimento como uma “caixa-preta”, e sim como uma entidade peculiar com propriedades únicas que esculpem as sociedades modernas (Adolf & Stehr, 2017). Ao descrever o conhecimento como uma capacidade de ação

e classificá-lo como principal recurso dos processos produtivos econômicos contemporâneos, Stehr busca descrever as novas relações entre a sociedade civil e as grandes instituições, as relações entre poder, autoridade e conhecimento, sua relação com as desigualdades sociais e em que medida o conhecimento pode ser tratado como uma propriedade ou como uma mercadoria (Adolf & Stehr, 2017; Stehr, 2018). Por se tratar de uma teoria voltada para, de maneira geral, descrever a função social do conhecimento, mas também do conhecimento de C&T, e por favorecer a compreensão do papel da educação nesse debate (Freitas et al., no prelo-a), a TSC será adotada como referencial teórico para ampliar a compreensão das relações entre conhecimento científico, tecnológico e sociedade.

Desse modo, o estudo dirigido pela questão de pesquisa central desta dissertação teve como base a análise da sociedade a partir da TSC e as filosofias, práticas e ferramentas dos movimentos de código aberto como alternativas ao paradigma proprietário. Para adequadamente articular essas visões à educação emancipatória, o estudo teve cinco questões específicas como guia, apresentadas nos parágrafos a seguir.

Apesar de convergirem quanto à aplicação de licenças abertas, os movimentos de código aberto diferem significativamente no tipo de conteúdo que abordam. Como consequência, suas motivações, definições, teorias e discussões, apesar de tangenciarem umas as outras, são específicas, não gerais. Para discutir sua ação em relação ao conhecimento científico e tecnológico se faz necessário construir uma concepção geral de conhecimento aberto. Assim, surge a primeira questão:

*I. Qual a concepção de conhecimento aberto originada dos movimentos de código aberto?*

Compreendido isso, passa-se para o segundo estágio do estudo, sobre as implicações de uma educação emancipatória e do conhecimento aberto na sociedade da perspectiva da TSC. Para tanto, as três questões a seguir conduziram a pesquisa:

*II. Quais as implicações do conhecimento aberto no acesso ao conhecimento em uma sociedade do conhecimento?*

*III. Quais as características de uma educação emancipatória em uma sociedade do conhecimento?*

*IV. Quais as características e implicações de uma educação emancipatória baseada no conhecimento aberto em uma sociedade do conhecimento?*

Por fim, busca-se entender como essas articulações atuam nas práticas de C&T, em especial como uma educação emancipatória na área, baseada no conhecimento aberto, afetam as formas com que a população, no geral, participa da produção de C&T. Assim, a última questão específica é:

*V. De que modo uma educação em ciências baseada em conhecimento aberto pode contribuir para uma educação emancipatória que promova a participação social na C&T?*

Nos próximos capítulos, serão desenvolvidas as ideias e debates que levaram à proposição de possíveis consequências transformadoras da incorporação de práticas, filosofias e ferramentas do movimento de código aberto no ensino de C&T. Tais reflexões conduziram a proposição de uma ampliada noção de conhecimento aberto e do conceito de Capacidade de Ação Emancipatória que, tendo a TSC como base e a pedagogia de Freire como filosofia, condensa os conhecimentos, habilidades e conteúdos que possam ser apropriados e transformados em prol da superação de situações decorrentes de injustiças sociais. As discussões levantadas nesse âmbito ampliam também as formas possíveis de participação social na C&T, costurando a elas a cultura colaborativa dos movimentos de código aberto.

No Capítulo 2, a seguir, são apresentados os resultados da Revisão da Literatura e de Estudos Anteriores realizada. Com a intenção de mapear discussões sobre as consequências da propriedade do conhecimento científico e tecnológico da área de Educação em Ciências e Tecnologia, realizou-se o estudo de revisões da literatura na área de Educação sobre relações

entre Ciências, Tecnologia e Sociedade (CTS). Em seguida, foi realizada uma revisão da literatura em periódicos de ensino de ciências e, em uma etapa separada, em revistas de ensino de tecnologia e engenharia sobre a adoção de práticas, ideologias e conceitos associados aos movimentos de código aberto.

No Capítulo 3 são detalhados os referenciais teóricos adotados: a TSC de Nico Stehr e a educação emancipatória de Paulo Freire. Os movimentos, bem como a definição dos conceitos, de *Software* Livre, de *Hardware* de Código Aberto, de REA, Dados Abertos, Acesso Aberto e Conhecimento aberto são caracterizados também nesse capítulo. Para auxiliar na compreensão e interconexão desses conceitos e movimentos, a teoria de Hiperobjetos (Pezzi, 2015) e práticas de compartilhamento e colaboração são também discutidas.

No Capítulo 4 são apresentadas discussões referentes a cada uma das questões de pesquisa. Iniciando pelo conhecimento aberto, problemáticas e limitações do conceito foram analisadas, resultando na proposição de uma concepção única baseada nos Hiperobjetos. Na sequência, é feita uma leitura dessa formulação a partir da perspectiva da TSC. A seguir, a leitura se aprofunda nas relações da TSC com a educação emancipatória de Paulo Freire, culminando no conceito de Capacidade de Ação Emancipatória. A partir desse cenário, serão debatidas as implicações para a sociedade da adoção de práticas, filosofias e ferramentas do movimento de código aberto no ensino em C&T, ou seja, do conhecimento aberto, e como elas contribuem para a educação emancipatória e para a participação social na C&T. Por fim, são apresentadas as considerações e conclusões finais da pesquisa no Capítulo 5.

## 2 Revisão da Literatura e Estudos Anteriores

O conceito de conhecimento aberto, como será discutido na seção 3.3, é amplo, abarcando desde livros didáticos e obras artísticas, até máquinas de fabricação e instrumentos científicos. Encontra-se dentro do contexto dos movimentos de código aberto, onde conhecimento se refere a todo conteúdo, informação ou dado materializado (objetificado na forma material, seja em formato digital, ou não), incluindo práticas e processos sobre o uso e a fabricação de um artefato, e o artefato em si. Seu atributo aberto marca a permissão legal e prática<sup>9</sup> de que os conteúdos possam ser usados, modificados, reproduzidos, distribuídos e comercializados<sup>10</sup> sem restrições legais, tecnológicas ou sociais<sup>11</sup>.

Dentro desse movimento, incluem-se, dentre outros, os conceitos de tecnologias livres, tais como o *software* livre/de código aberto (FSF, 2020b) e *hardware* livre/de código aberto (*Open Source Hardware Association* [OSHW], 2012a), de ciência aberta, dados abertos, acesso aberto (Albagli et al., 2014) e de Recursos Educacionais Abertos (REA) (Amiel, 2012; United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization [UNESCO], 2012). Por exemplo, o movimento de *software* livre defende que, para o usuário ter controle sobre sua vida e para a computação se desenvolver livremente, é preciso que os códigos de computador possam ser usados, estudados, modificados e distribuídos (critério conhecido como as “quatro liberdades fundamentais”) sem restrições sociais, econômicas ou tecnológicas (FSF, 2020b). Já o movimento de acesso aberto, vertente da ciência aberta, defende que, para o livre desenvolvimento da ciência e da própria sociedade, os resultados de investigação científica

---

9 Por permissão prática entende-se que a disponibilização dos arquivos fontes e da documentação permite que o usuário possa exercer suas liberdades. Por exemplo, um *software* pode ser disponibilizado sob licenças abertas, podendo ser livremente usado; mas se o seu código fonte não estiver publicado, não poderá ser estudado nem modificado. Por isso, além as permissões práticas e legais se complementam.

10 A livre comercialização não é consenso entre os movimentos, em especial para o REA. Por exemplo, o material “Recursos Educacionais Abertos (REA): Um caderno para professores”, produzido pela iniciativa Educação Aberta, destaca que os REA usam licenças abertas ou “menos restritivas” e inclui entre as opções de licenças versões que restringem o uso comercial, indicando que materiais com tais licenças são também entendidas como REA (2013).

11 Com o sentido análogo, o adjetivo “livre” será usado junto a “tecnologias” e “ferramentas”.

devem ser amplamente disponibilizados, de forma gratuita e pública (Albagli et al., 2014). Outros conceitos estão também associados, como o de Dados Abertos. Esses conceitos não são puramente teóricos; se mesclam com os movimentos sociais a eles relacionados - agrupados aqui como movimentos de código aberto - e entre si; se conectam na defesa da liberdade do conhecimento e se diferenciam nos seus enfoques e justificadas.

O conhecimento aberto é um paradigma que se difere do padrão proprietário, propondo uma nova forma de produção e de vinculação entre os conhecimentos. Por isso, sua adoção na formação de engenheiros e cientistas tem o potencial de promover uma transformação na produção de C&T, e, como consequência, uma possível transformação da sociedade. Com intuito de compreender a visão de pesquisadores e educadores da área sobre os temas e conceitos associados aos movimentos de código aberto, incluindo o paradigma da propriedade intelectual, foi realizada uma etapa de estudos anteriores em Educação CTS e uma etapa de revisão da literatura em ensino de ciências e engenharia.

## **2.1 Estudos Anteriores em Educação CTS**

O movimento de *Software Livre*, desde sua fundação, explicita as relações entre a tecnologia e a sociedade. Ao se preocupar com a liberdade dos usuários, como pressuposto anterior ao desenvolvimento de tecnologia, evidencia uma consciência da não neutralidade das tecnologias - em especial, quanto a sua submissão ao interesse das empresas que os desenvolvem. Também o movimento de Ciência Aberta não se resume a publicação aberta dos resultados: incluem discussões sobre educação científica, participação social e ativismo na, e através, da, ciência, ou ainda sua interpretação como um bem comum (Albagli et al., 2014; Lafuente & Estalella, 2015). Por discutirem temas que abordam as relações entre ciências, tecnologia e sociedade, escolheu-se investigar como os estudos em Educação CTS - abordam

os temas associados aos movimentos de código aberto e as reflexões críticas, assim como a lógica da propriedade intelectual afeta a produção de C&T.

Desde que Thomas Kuhn publicou seu livro “*A estrutura das revoluções científicas*” e de que Rachel Carson publicou a “*Primavera Silenciosa*”, ambos em 1962, os estudos sobre as relações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) têm abordado o desenvolvimento científico e tecnológico como um fenômeno social (Auler, 2011; Batista de Freitas, 2019; Núñez Jover, 2000). A área é caracterizada por uma grande diversidade de abordagens<sup>12</sup>, que diferenciam entre si internacionalmente (eg. pensamento latino-americano, europeu, norte-americano), mas também nacionalmente (campo investigativo, de políticas públicas, alfabetização tecnológica e científica, currículos, etc.) (Abreu et al., 2013; Aikenhead, 2003; Strieder & Kawamura, 2017). Como destacam Strieder e Kawamura (2017), a polissemia do campo CTS não está necessariamente relacionada com diferentes visões epistemológicas, mas com os espaços e oportunidades que pesquisadores e professores têm para desenvolver suas propostas. Apesar da multiplicidade de perspectivas, autores(as) da área convergem sobre a necessidade de que o ensino se fundamente num entendimento de C&T como processo social, assumindo que o desenvolvimento de C&T é influenciado pelos valores e morais dos seus contextos sociais, ou seja, não é neutro (Auler, 2011; Batista de Freitas, 2019; Dagnino, 2006; Núñez Jover, 2000; Strieder, 2012). No campo da educação, a pesquisa CTS tem como objetivo geral desenvolver um “ensino de ciências mais crítico e contextualizado, que contribua para promover a participação da sociedade em questões relacionadas ao desenvolvimento científico – tecnológico” (Strieder, 2012, p. 27).

Iniciado no final década de 60, o Pensamento Latino Americano em CTS (PLACTS) aponta para uma visão crítica em relação a C&T, em especial quanto a visões tecnocráticas de

---

12 A área CTS abrange tanto os estudos sociais sobre as relações CTS, quanto como esses estudos podem ser levados para o contexto escolar, e como podem influenciar a educação em C&T. Nesse trabalho, a expressão CTS, sozinha, se refere a todos os estudos na área; já a expressão “educação CTS” se refere à aplicação desses estudos, ou apresentação desses conteúdos, na educação.

importação de tecnologia e de sua neutralidade (Abreu et al., 2013; Ayres dos Santos & Auler, 2019). No Brasil, a educação CTS propõe uma educação científica crítica que não se resume à discussão de C&T, mas que englobe também aspectos políticos, ambientais e sociais, que negue mitos salvacionistas em relação à C&T e que seja comprometida com pressupostos democráticos (Abreu et al., 2013; Santos & Mortimer, 2000). Fortemente relacionadas ao pensamento de Paulo Freire, destaca-se no pensamento brasileiro a preocupação com a transformação social, sendo suas produções bem situadas na realidade brasileira (Abreu et al., 2013; Auler, 2011). Ainda assim, Ayres dos Santos e Auler (2019) destacam que há produções na área que são incompatíveis com os preceitos de Freire.

Considerando a diversidade de abordagens da área, optou-se por analisar trabalhos de revisão da literatura; de estados da arte nacionais e internacionais que apresentem fundamentos teóricos e metodológicos da área. Com isso, busca-se identificar se há, na Educação CTS, alguma visão que destaque pesquisas que envolvam as ideologias e práticas dos movimentos de código aberto, ou que estejam voltadas para reflexões críticas, assim como a lógica da propriedade intelectual afeta a produção de C&T e as relações CTS.

A escolha dos trabalhos não foi realizada de maneira sistemática; os critérios utilizados envolviam a relevância dos autores para área e a extensão de trabalhos analisados nas revisões da literatura. Trabalhos de Glen Aikenhead, Antonio Cachapuz, José Antonio Acevedo Díaz e Décio Auler foram escolhidos como referência por serem os autores mais citados no CTS brasileiro, conforme aponta o estudo de Abreu et al. (2013). A Tabela 2.1 apresenta os trabalhos brasileiros analisados a Tabela 2.2, os norte-americanos, e a Tabela 2.3.

<b>Título</b>	<b>Autores(as) e ano de publicação</b>
Abordagens CTS na educação científica no Brasil: sentidos e perspectivas	(Strieder, 2012)
Levantamento Sobre a Produção CTS no Brasil no Período de	(Abreu et al., 2013, p. 201)



1980-2008 no Campo de Ensino de Ciências	
Educação CTS: Parâmetros e Propósitos Brasileiros	(Strieder & Kawamura, 2017)
Práticas educativas CTS: busca de uma participação social para além da avaliação de impactos da Ciência-Tecnologia na Sociedade	(Ayres dos Santos & Auler, 2019)

Tabela 2.1: Lista de artigos de CTS de autores(as) brasileiros(as) analisados.

<b>Título</b>	<b>Autores(as) e ano de publicação</b>
STS Education: a rose by another name	(Aikenhead, 2003)
Science, Technology, and Society: A Perspective on the Enhancement of Scientific Education	(Courville, 2009)
Currents in STSE Education: Mapping a Complex Field, 40 Years On	(Pedretti & Nazir, 2011)

Tabela 2.2: Lista de artigos de CTS de autores(as) norte-americanas analisados.

<b>Título</b>	<b>Autores(as) e ano de publicação</b>
Educación Tecnológica desde una perspectiva CTS. Una breve revisión del tema	(Acevedo Díaz, 1995)
Avaluació dels temes de ciència, tecnologia i societat	(Manassero-Mas et al., 2001)
Do Estado da Arte da Pesquisa em Educação em Ciências: Linhas de Pesquisa e o Caso “Ciência-Tecnologia-Sociedade”	(Cachapuz et al., 2008)
The Science-Technology-Society Framework for Achieving Scientific Literacy: An Overview of the Existing Literature	(Autieri et al., 2016)

Tabela 2.3: Lista de artigos de CTS de autores(as) europeus analisados.

### 2.1.1 Resultados e Discussão: Estudos Anteriores em CTS

Serão descritos aqui brevemente os conteúdos dos trabalhos analisados e as conclusões de suas análises. Inicialmente, serão discutidos os artigos da Tabela 2.1, depois da Tabela 2.2, e depois da 2.3. Não foi encontrado em nenhum dos trabalhos indícios de que os temas de propriedade intelectual e dos movimentos de código aberto sejam abordados pela área.

Em seu trabalho, Strieder e Kawamura (2017) apresentam categorias, organizadas em uma matriz, para o estudo tanto da Educação CTS, como de teorias que fundamentam estudos das relações CTS; a classificação têm como objetivo contribuir na compreensão dos propósitos e fundamentos dos estudos na área. As categorias foram construídas com base na análise de estudos considerados de referência na reflexão do discurso sobre ciência, tecnologia, sociedade, educação e educação científica<sup>13</sup>, bem como a partir da análise das produções brasileiras publicadas em revistas e em congressos de ensino de ciências de 2000 a 2010. Para melhor entender os fundamentos dessa caracterização, foi também estudada a tese de doutorado que deu origem a proposição dessa matriz (Strieder, 2012). Nela, encontram-se mais detalhadas as descrições de cada abordagem, bem como estão ampliadas as reflexões sobre cada autor(a) analisado(a). Dada a grande variedade de trabalhos estudados, considera-se que a matriz proposta nos trabalhos representa significativamente as pesquisas na área; por isso, alguns detalhes deles serão expostos e discutidos. Além disso, o processo de análise exemplificado nos próximos parágrafos foi o mesmo aplicado em todos os outros trabalhos estudados.

As duas principais dimensões da matriz são os Parâmetros da Educação CTS - que envolvem as maneiras como as relações CTS são abordadas na educação científica - e os Propósitos da Educação CTS - que reúnem diferentes perspectivas educacionais para a

---

13 Alguns(mas) dos(as) autores(as) estudados pelas autoras são: Karl Popper, Thomas Kuhm, Bruno Latour, Pierre Bourdieu, Milton Vargas, Val Dusek, Marcos Barbosa de Oliveira, Alvaro Vieira Pinto, Andrew Feenberg, Renato Dagnino, Máira Baumgarten, Hilton Japiassu, Ulrich Beck, Boaventura de Souza Santos, Edgar Morin, Paulo Freire, Macir Gadotti, Demétrio Delizoicov.

educação em CTS. Os Parâmetros da Educação CTS são compostos por três tipos de discursos: a racionalidade científica, o desenvolvimento tecnológico e a participação social. Já os Propósitos da Educação CTS são agrupados em três tipos de objetivos de desenvolvimento: o de percepções entre o conhecimento científico e o contexto do estudante, o do questionamento sobre situações sociais relacionadas à cidadania, e o de compromissos sociais diante de problemas (Strieder & Kawamura, 2017).

Apesar deste artigo não discutir detalhadamente todos os trabalhos analisados, é possível identificar alguns tópicos centrais. Por exemplo, ao discutir as abordagens ao desenvolvimento tecnológico, as autoras destacam a perspectiva de que as políticas sobre tecnologia devem ser formuladas com maior participação popular (Strieder & Kawamura, 2017). Assim, é possível identificar que os assuntos discutidos nessa abordagem envolvem majoritariamente o desenvolvimento participativo de políticas públicas sobre desenvolvimento tecnológico, e não, por exemplo, sobre as relações entre a lógica de propriedade intelectual e o desenvolvimento tecnológico.

Já as abordagens dentro da categoria de participação social indicam que essa participação se dá, quase em totalidade, após o surgimento dos produtos de C&T; desde a análise e crítica dos pontos positivos e negativos da sua adoção e implementação, até a criação de mecanismos de pressão a favor ou contra determinados produtos. Em um processo *a priori* ao desenvolvimento do produto, a participação social pode se dar nas esferas políticas, colaborando na construção de políticas públicas, ou no ativismo contra elas (Strieder & Kawamura, 2017). Deste modo, a possibilidade de intervir no desenvolvimento ou implementação de um produto C&T ocorre pela pressão popular na política e nas corporações. Implícito nessas visões está a desconsideração das possibilidades de haver maior participação social no próprio desenvolvimento tecnológico como, por exemplo, como o uso e desenvolvimento de tecnologias livres e ciência aberta. Assim como nos exemplos

mencionados, diversas outras abordagens poderiam potencialmente incluir trabalhos que discutam tecnologias livres, ciência aberta, licenças permissivas, etc. Contudo, não foi identificado em nenhuma delas qualquer menção a esses tópicos, nem mesmo no aprofundamento apresentado na tese.

Com o objetivo de olhar mais atentamente para a produção brasileira, foram analisados os artigos de Abreu et al. (2013, p. 20) e de Ayres dos Santos e Auler (2019). No primeiro texto, foi feito um levantamento da produção de CTS no Brasil de 1980 até 2008. Dessa análise, os autores identificaram um esforço da comunidade CTS em desenvolver um pensamento teórico latino-americano em CTS, e classificaram os trabalhos em diversas categorias, tais como propostas e temáticas. Contudo, nenhuma envolvia a temática de código aberto ou propriedade intelectual.

Já no segundo, é apresentado a síntese de uma revisão da literatura do período de 1997 à 2013 em periódicos e conferências da área. Como resultado, apresentam que há pouca discussão sobre elementos da participação social que vão além da análise crítica dos impactos dos produtos C&T, como a participação nas etapas de definição da agenda de pesquisa e dos rumos do desenvolvimento, o que limita os debates à participação social na pós-produção. Para os autores, uma educação crítica, mas não propositiva, pode conduzir ao conformismo. Assim, indicam que apenas reconhecer as influências sociais a que estão submetidos à ciência e à tecnologia, e sua submissão a interesses políticos e econômicos, pode levar as pessoas a uma postura conformada, de que “não há o que se fazer”. Por isso, aliado ao pensamento crítico, é preciso haver discussões e formulações de novos horizontes, partindo do aparato científico-tecnológico já construído (Ayres dos Santos & Auler, 2019). A concentração nas discussões do pós-produção são mais um indicativo de que a área não aborda as práticas e filosofias do movimento de código aberto, já que essas envolvem também o processo de desenvolvimento e produção de conhecimento científico e tecnológico.

Para representar o pensamento norte-americano, foram selecionados os três trabalhos da Tabela 2.2. O artigo de Courville (2009) foca a revisão das metodologias de ensino CTS, suas motivações, implementações e resultados. O principal resultado do trabalho é a identificação da tendência de que a educação CTS aumenta a motivação e aquisição de conhecimento dos estudantes e o envolvimento da comunidade. A perspectiva que se destacou no artigo é a abordagem norte-americana de CTS, que tem como lema central o ensino de ciências para todos os estudantes e focada na resolução de possíveis problemas. Nesse artigo fica também evidente como a educação CTS se volta fortemente para questões ambientais.

Em seu texto, Aikenhead (2003) reconta o surgimento da área de pesquisa em educação CTS na América do Norte e Europa, desde a década de 70, discutindo importantes contribuições de autores da área e dos acontecimentos históricos que motivaram seu surgimento. O autor também apresenta as diferenças entre CTS de diferentes origens, destacando que cada país tem uma história e abordagens próprias para a educação CTS. O autor também destaca que o movimento CTS não é estático no tempo, de maneira que os lemas que o guiaram mudaram ao longo do tempo, e provavelmente continuarão a mudar, caracterizando uma área de pesquisa dinâmica que busca sempre melhorar a educação em ciências. Dessa análise, Aikenhead propõem um espectro da importância dada ao conteúdo CTS em cada tipo de abordagem para a educação. Dos exemplos, temas e conteúdos específicos mencionados, nenhum pode ser associado aos temas investigados nesta dissertação.

De maneira similar, Pedretti e Nazir (2011) mapeiam a literatura sobre educação CTS de 1971, quando o termo foi usado pela primeira vez, até 2011. Os autores então classificaram o movimento em seis correntes, sendo elas: aplicação, histórica, raciocínio lógico, centrada em valores, sociocultural e justiça socioecológica. Por exemplo, a corrente de aplicações aborda aplicações utilitaristas da ciência e a tecnologia para a resolução de problemas, seja

utilizando novas tecnologias ou modificando as já existentes. Já a corrente de justiça socioecológica engloba produções de viés crítico, transformativo e emancipatório, que propõem ações concretas para a solução de problemas sociais e ecológicos. Os autores ainda destacam que a noção de justiça socioecológica dessa corrente tem um viés que privilegia filosofias baseadas nos direitos democráticos Ocidentais. Os exemplos de soluções citados envolvem ações ambientais ou de cuidado com a cidade, como a limpeza de lixo, ações individuais de mudanças de hábitos e ações coletivas como pressão por mudanças. De maneira similar à análise dos trabalhos de Strieder (2012) e Strieder e Kawamura (2017), as discussões sobre as categorias deixa evidente que não há uma produção consistente e continua sobre ferramentas e filosofias de código aberto na educação CTS.

Para representar o pensamento europeu, foram analisados os quatro trabalhos listados na Tabela 2.3. Acevedo Díaz (1995) apresenta os temas básicos da educação tecnológica da perspectiva CTS. São apresentadas algumas concepções acerca da natureza do conhecimento tecnológico e reflexões sobre a alfabetização tecnológica, variando desde uma alfabetização puramente técnica, até uma conscientização e preparação para que os cidadãos tenham uma maior participação democrática nas tomadas de decisões sociotecnológicas. O trabalho de Manassero-Mas et al. (2001) segue uma linha similar, se aprofundando mais em aspectos positivos de uma educação científica e tecnológica orientada pelos temas CTS, que seriam formas de abordar questões de C&T que favorecem a conciliação entre a alfabetização científica e a compreensão da natureza da ciência. Em nenhum dos temas mencionados foi possível identificar qualquer relação com tecnologias livres, ciência aberta, ou assuntos associados ao movimento de código aberto.

Em revisão da literatura de artigos internacionais de 1993 à 2002, Cachapuz et al. (2008) investigam quais as perspectivas CTS apresentadas nos artigos, suas conclusões e se estavam orientados à prática, às políticas ou à teoria. Os textos analisados descrevem questões

da inclusão de temas CTS no currículo, literacia científica, educação de ciências e o processo de aculturação de povos indígenas. Já em Autieri et al. (2016), os autores investigaram em revistas internacionais artigos publicados a partir de 1990 sobre a história da implementação de CTS na educação, implicações na prática de sala de aula e formação de professores. A revisão discute os fatores indicados pela literatura que poderiam facilitar ou dificultar a implementação de CTS, bem como as lacunas na literatura que podem ser exploradas em pesquisas futuras. Entre os fatores discutidos, não foi identificado como o acesso a recursos educacionais, ou a possibilidade de modificá-los e os contextualizar poderia contribuir com a implementação da educação CTS. A ausência dessa discussão em ambos os artigos é mais uma evidência da ausência dessa discussão na área de CTS como um todo.

### **2.1.2 Implicações para o estudo**

Com esse estudo, buscou-se encontrar menções aos temas de propriedade intelectual, tecnologias livres, ciência aberta, REA, acesso aberto e outros aspectos dos movimentos de código aberto, com a intenção de compreender qual percepção da área CTS sobre o assunto. Por exemplo, os temas sustentabilidade, ecologia e meio ambiente foram destaque em, pelo menos, cinco trabalhos (Abreu et al., 2013; Cachapuz et al., 2008; Courville, 2009; Pedretti & Nazir, 2011; Strieder & Kawamura, 2017), evidenciando que esses temas são aspectos considerados relevantes para a área. Assim, a total ausência de qualquer indicação a estes tópicos nos 11 trabalhos analisados - considerando que todos eram revisões da literatura, estudos do estado da arte ou apresentação de fundamentos básicos da educação CTS – indica que esses assuntos não são explorados na área CTS.

Destaca-se também que, ao longo da pesquisa que resultou nesta dissertação, outros 14 trabalhos de referência para a educação CTS brasileira foram estudados. Os artigos abordavam temas de alfabetização científica e tecnológica (Acevedo Díaz et al., 2003;

Aikenhead et al., 2011; Auler & Delizoicov, 2001; Dagnino, 2006), de educação tecnológica e ensino de engenharia (Bazzo et al., 2008; I. V. Linsingen, 2015; I. von Linsingen, 2002), sobre tecnologia (Dagnino, 2014) e ciência (Acevedo Díaz, 1997), sobre currículos e metodologias de ensino CTS (Nascimento & Linsingen, 2006; Santos & Mortimer, 2000) e sobre participação social/pública na C&T (Auler, 2011). Em nenhum deles foi identificado qualquer aproximação com o movimento de código aberto. A exemplo, o trabalho de Acevedo Diaz (1997), intitulado “¿Publicar o Patentar? Hacia una Ciencia cada vez más ligada a la Tecnología”, apesar de abordar a problemática do excesso de patentes e da publicação de artigos em acesso fechado, não indica nenhuma associação com os movimentos de código aberto. Também Dagnino (2014), ao propor a adequação, ou reprojetamento, do conhecimento tecnocientífico – o que ele chamou de Adequação Sociotécnica -, não menciona como, nem se, a filosofia e as práticas de tecnologias livres e ciência aberta poderiam contribuir nesse processo.

Strieder e Kawamura apontam que há “carência de uma discussão atualizada de aspectos da função social da ciência no campo CTS - Ensino de Ciências” (Strieder & Kawamura, 2017, p. 50), pois, segundo elas, “quando as preocupações CTS repercutiram para o campo da educação em ciências, aparentemente mantiveram um *status* mais ou menos inalterado ao longo das décadas seguintes, genericamente reconhecido como uma crítica a possíveis impactos negativos do desenvolvimento científico e tecnológico em relação à sociedade ou ao ambiente” (Strieder & Kawamura, 2017, p. 50). Considerando a recente ampliação da filosofia do *software* livre para outros movimentos (eg. REA, *hardware* livre), é possível também que a incorporação dessas práticas e filosofias também não tenham sido incorporadas na educação CTS; indicando que a ausência dos temas não representam uma rejeição ou negação da desses movimentos, e sim uma dificuldade da área em absorver novas e atualizadas práticas e pensamentos em C&T.



## **2.2 Revisão da Literatura: Ensino de Ciências e de Engenharia**

Na busca por compreender a visão de conhecimento aberto de educadores e pesquisadores em ensino de ciências e engenharia, se faz pertinente uma revisão da literatura para identificar as perspectivas de maior destaque e desvelar quais as consequências e implicações sociais da adoção dessas práticas e ferramentas discutidas na área. Considerando que o foco desse trabalho é em educação em ciência e em tecnologia, optou-se por incluir na revisão a área de ensino de engenharia. Tanto a área de ciências, quanto de engenharia, abarcam tópicos de tecnologia e de ciências, assim, para essa revisão, optou-se por manter a discussão nessas duas áreas. Tais objetivos foram resumidos nas três seguintes questões:

1. Quais aspectos do conhecimento aberto são mobilizados nas pesquisas em Ensino de Ciências e Engenharia?
2. Quais as justificativas, conceitos e teorizações são apresentadas para a defesa do uso de tecnologias livres e da promoção do conhecimento aberto no Ensino de Ciências e Engenharia?
3. Em qual extensão os trabalhos discutem as implicações políticas, econômicas, sociais ou ambientais do uso e desenvolvimento de tecnologias livres, tanto no ensino, quanto na prática de científica e de engenharia?

### **2.2.1 Metodologia**

Em função das diferenças entre as áreas de pesquisa em ensino de Ciências e em Ensino de Engenharia, optou-se por realizar ambas as revisões separadamente. Como as metodologias de revisão foram similares, serão descritas conjuntamente, e suas diferenças apontadas.

A revisão de Ensino de Ciências foi realizada no primeiro semestre de 2020, sem restrição quanto às datas de publicação. A investigação foi realizada em revistas de relevância

na área de ensino de ciências, em especial na área de física. São elas: *Journal of Research in Science Teaching*, *Science & Education*, *Science Education*, *International Journal of Science Education*, *Physics Review Special Topics – Education Research*, *American Journal of Physics*, *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, *Revista Electrónica de Investigación en Educación de las Ciencias*, *Enseñanza de las Ciencias*, *Ciência & Educação*, *Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciências*, *Revista Brasileira de Ensino de Física*, *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, *Investigações em Ensino de Ciências*, *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, e *Revista Alexandria*.

A revisão de Ensino de Engenharia foi realizada em periódicos brasileiros de relevância na área voltados ao ensino de engenharia e tecnologia. Sem o estabelecimento de restrições quanto à data das publicações, a busca foi realizada no primeiro semestre de 2019 nas três seguintes revistas: *Revista da Associação Brasileira de Ensino de Engenharia (ABENGE)*, *Revista de Ensino em Ciências e Engenharia* e *Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia*. Adicionalmente, devido à relevância do Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia (COBENGE), foram analisados os trabalhos publicados nos seus Anais. Dado o pequeno número de revistas brasileiras na área, optou-se por pesquisar também no Portal de Periódicos CAPES<sup>14</sup>.

Ambas as revisões foram realizadas em três etapas. Na primeira etapa, buscou-se nessas publicações a menção dos seguintes termos<sup>15</sup>: conhecimento aberto, ciência aberta, dados abertos, acesso aberto, recursos educacionais abertos, *software(s) livre(s)*, robótica livre, *hardware* livre, tecnologias livres, código aberto e sua variante em inglês *open source*<sup>16</sup>.

14 O Portal de Periódicos da Capes é uma biblioteca virtual que reúne e disponibiliza às instituições de ensino e pesquisa do Brasil uma seleção de artigos e trabalhos científicos internacionais.

15 Nas revistas de língua inglesa e espanhola as expressões foram traduzidas para os respectivos idiomas. No Periódico CAPES os termos investigados foram pesquisados juntamente ao termo “ensino de engenharia”, enquanto na *Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia* UFTPR adicionou-se o termo “engenharia”. As expressões exatas usadas podem ser encontradas no Anexo A.

16 Os termos “*free software*”, “*free and open source software*” e “FOSS” - bem como algumas variantes de plurais e singular dos termos - também foram pesquisados nas revistas, porém nenhum artigo associado a eles foi encontrado.

A cultura *maker* e a cultura hacker estão comumente associadas a tecnologias livres - em especial a impressão 3D e a ao *software* livre, respectivamente. Com a hipótese de que a abordagem do conhecimento aberto na educação poderia estar relacionada a esses movimentos, buscou-se também pelos termos *maker* e *hacker*<sup>17</sup>. Partindo da hipótese de que a expressão “*hardware* livre” não é muito utilizada, mas que muitos trabalhos na área utilizam a plataforma Arduino<sup>18</sup> em atividades educacionais, adicionou-se também a expressão “arduino” nas buscas.

No Anais do COBENGE foram investigadas as publicações feitas de 1998 a 2018, com exceção dos anos 1999, 2001, 2013 e 2015, pois esses não estavam disponíveis. A busca nos Anais de 2016, 2017 e 2018 foi realizada com a ferramenta de busca disponibilizada no site oficial do COBENGE. Por não haver ferramenta similar para as publicações dos anos anteriores, a busca se resumiu as palavras usadas nos títulos dos trabalhos. Por isso, os termos investigados nos títulos das publicações de 1998 a 2016 foram alterados para: aberto(a), livre(s), FOSS, *free*, *open*, *software*, *hardware*, robótica, *hacker*, *maker*, Arduino (a partir das publicações de 2008). Após a seleção de trabalhos com essas expressões no texto, os resumos foram analisado para selecionar os trabalhos que tratavam do tema investigado.

Na segunda etapa, os resumos – e, quando necessário, o corpo do texto – dos artigos e trabalhos foram analisados quanto a sua relação com conhecimento aberto. Analisou-se se as publicações encontradas abordavam o uso, desenvolvimento, estudo, ou aplicação de ferramentas livres ou metodologias de pesquisa voltadas para a liberdade do conhecimento, ou se apresentavam uma discussão sobre temas associados ao conhecimento aberto; foram eliminados aqueles trabalhos que não se encaixaram nessas condições. Foram eliminados também trabalhos que utilizavam *softwares* livres para a análise dos dados das pesquisas (e.g.

---

17 Como ambas as palavras são expressões comuns da língua inglesa, nas revistas desse idioma os termos foram adaptados para “*maker moviment*” e “*hacker moviment*”.

18 Arduino, que é um *hardware* livre, é uma placa de prototipagem educacional lançada em 2008 e muito difundida no ensino de robótica, eletrônica e programação. Disponível em <https://www.arduino.cc>. Acessado em Setembro de 2020.

*software* de estatística R), mas que não abordavam o tema, nem descreviam atividades com a ferramenta. Na revisão de ensino de engenharia, foram eliminados todos os trabalhos que não estavam diretamente relacionados com o ensino de engenharia, ou com o ensino, em nível de graduação, de conteúdos associados, como física, química, computação e inovação.

Na terceira etapa, foram selecionados para discussão artigos que discutem os temas com mais profundidade, que justificam as escolhas das tecnologias e práticas baseadas em seu caráter de código aberto, ou que discutem implicações para a educação quando práticas alinhadas aos movimentos de código aberto são adotadas. Artigos de revisão sobre os temas também foram analisados a fim de investigar a relevância dos aspectos filosóficos e teóricos dos conceitos na área. As discussões para a área de Ensino de Ciências e Ensino de Engenharia foram realizadas separadamente. Na seção 2.2.4 é discutido a aproximação dos resultados de ambas as revisões conjuntamente.

## 2.2.2 Resultados e Discussão: Ensino de Ciências

Na primeira etapa, foram encontrados um total de 219 artigos; eliminados os artigos que não abordavam os temas, ou que não tinham envolvimento com a pesquisa ou atividade descrita, restaram 123 trabalhos. A relação do número de artigos encontrados em cada revista se encontra na Tabela 2.4; não foram encontrados resultados nas revistas: *Journal of Research in Science Teaching*, *Enseñanza de las Ciencias*, Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciências, Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, Revista Alexandria e Investigações em Ensino de Ciências.

Nome da Revista	Número de artigos encontrados
<i>Science Education</i>	1

<i>Science &amp; Education</i>	1
<i>International Journal of Science Education</i>	7
<i>Physics Review Special Topics – Education Research</i>	12
<i>American Journal of Physics</i>	28
<i>Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias</i>	3
<i>Revista Electrónica Investigación en Educación de las Ciencias</i>	1
<i>Ciência &amp; Educação</i>	1
<i>Revista Brasileira de Ensino de Física</i>	51
<i>Caderno Brasileiro de Ensino de Física</i>	18
<b>Total</b>	<b>123</b>

Tabela 2.4: Número de artigos encontrados em cada revistas analisadas (ensino de ciências). Os números indicam apenas os artigos que abordam os temas da perspectiva investigada.

Um total de 46 artigos abordavam o uso de *software* livre (e.g. J. V. Carvalho et al., 2009), 56 o uso de *hardware* livre (e.g. M. P. C. Moreira et al., 2018) – em todos os casos foi adotada a plataforma Arduino -, três discutem o uso de Recursos Educacionais Abertos (e.g. Andersen et al., 2013) e 15 o uso de materiais didáticos *Open Source* (e.g. Smith & Wittmann, 2007), um discute a pedagogia do movimento *maker* (Shea & Sandoval, 2020), um menciona vantagens da escolha por publicar artigos em acesso aberto (Gamberi & Hall, 2019) e um aborda os conceitos de REA mesclados ao de ciência cidadã e *software* e *hardware* livre (R. B. Silva et al., 2015). Não foram encontrados artigos que abordassem os temas de conhecimento aberto, ciência aberta, dados abertos, tecnologias livres e movimento hacker.

Nenhum dos 46 artigos que mencionam o uso de *software* livre apresenta uma definição para o conceito. Apenas quatro deles apresentam justificativas para a escolha do *software* explorado baseadas em seu caráter livre/aberto, e não em características técnicas;

neles são destacadas como vantagens seu baixo custo, a versatilidade e contextualização que o código aberto favorece e a possibilidade de colaboração com uma ampla comunidade de desenvolvedores (e.g. Bezerra Jr et al., 2012; Candéo et al., 2012). Dos 56 artigos que abordavam o uso da plataforma Arduino como recurso educacional, apenas 21 mencionaram o fato de ela ser um *hardware* livre (ou de código aberto) e nenhum desses apresenta um significado para esses termos. Nos artigos, são destacados suas características de baixo custo, adaptabilidade e colaboratividade (e.g. Carvalho Neto et al., 2018; M. P. C. Moreira et al., 2018), de maneira similar ao realizado com o *software* livre, com a diferença de nenhum aprofunda a discussão sobre o assunto.

Dois dos artigos que abordam diretamente o conceito de REA (R. B. Silva et al., 2015; Souza et al., 2019) definem esse conceito a partir da Declaração REA de Paris (UNESCO, 2012), os outros dois não definem o termo (Andersen et al., 2013; Seaton et al., 2014). O único texto que apresenta uma discussão sobre o movimento *maker* (Shea & Sandoval, 2020) não o relaciona de forma alguma com o movimento de código aberto. Quanto a publicação em acesso aberto, Gamberi e Hall (2019) descrevem a publicação de um artigo produzido colaborativamente em uma disciplina de microbiologia - sem explicar ou indicar referências do que isso significa, ignorando as variedades de tipos de acesso aberto -, a justificando sua publicação em acesso aberto pela ampliação da audiência alcançada e por que tal ação seria convergente com os objetivos pedagógicos da disciplina sem, contudo, discutir como esse alinhamento ocorre.

O grande número de trabalhos na área (123) demonstra o grande potencial do conhecimento aberto para educação. Considerando a significativa quantidade de trabalhos sobre a aplicação de tecnologias livres em atividades educacionais (102), é possível concluir que esses já possuem considerável inserção entre professores e professoras, bem como foi possível aplicá-los no contexto educacional.

Para um estudo mais aprofundado dos conceitos mobilizado, foram selecionados os artigos que apresentavam alguma discussão sobre os conceitos investigados<sup>19</sup>, bem como artigos de revisão, reduzindo o escopo à nove trabalhos, listados na Tabela 2.5.

<b>Título do artigo</b>	<b>Autoria e ano de publicação</b>	<b>Revista</b>	<b>Conceito abordado</b>
Contribuições do Arduino no ensino de Física: uma revisão sistemática de publicações na área do ensino	(M. P. C. Moreira et al., 2018)	Caderno Brasileiro de Ensino de Física	<i>Hardware</i> livre
Sistema <i>photogate</i> de seis canais analógicos para laboratórios didáticos de física	(Carvalho Neto et al., 2018)	Revista Brasileira de Ensino de Física	<i>Hardware</i> livre
<i>Comparing three methods for teaching Newton's third law</i>	(Smith & Wittmann, 2007)	<i>Physics Review Special Topics – Education Research</i>	Material didático <i>Open Source</i>
Moving toward change: Institutionalizing reform through implementation of the Learning Assistant model and <i>Open Source</i> Tutorials	(Goertzen et al., 2011)	<i>Physics Review Special Topics – Education Research</i>	Material didático <i>Open Source</i>
Recursos Educacionais Abertos para o Ensino de Física: um curso de extensão para licenciandos brasileiros e colombianos	(Souza et al., 2019)	Caderno Brasileiro de Ensino de Física	Recursos Educacionais Abertos
<i>Evolution 2.0. The Unexpected Learning Experience of Making a Digital Archive</i>	(Andersen et al., 2013)	<i>Science &amp; Education</i>	Recursos Educacionais Abertos
Estações meteorológicas de código aberto: Um projeto de pesquisa e desenvolvimento tecnológico	(R. B. Silva et al., 2015)	Revista Brasileira de Ensino de Física	Recursos Educacionais Abertos

<sup>19</sup> Foram excluídos os artigos que apenas mencionavam os conceitos e ferramentas, sem apresentar uma explicação ou discussão elaboradas. Por exemplo, textos que apenas mencionam o uso de *software* livre, sem desenvolver ou defender uma justificativa para esse uso, foram eliminados.

Videoanálise com o <i>software</i> livre Tracker no laboratório didático de física: movimento parabólico e segunda Lei de Newton	(Bezerra Jr et al., 2012)	Caderno Brasileiro de Ensino de Física	<i>Software</i> livre
<i>Entornos constructivistas de aprendizaje basados em simulaciones informáticas</i>	(Barneto & Martín, 2006)	<i>Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias</i>	<i>Software</i> livre
Implicações de um <i>software</i> educacional na formação de Professores	(J. V. Carvalho et al., 2009)	<i>Revista Electrónica de Investigación en Educación de las Ciencias</i>	<i>Software</i> livre

Tabela 2.5: Artigos selecionados para análise baseado na abordagem apresentada dos conceitos, bem como artigos de revisão.

Bezerra Jr et al. (2012) descrevem o uso do *software* Tracker para atividades de ensino de física sobre a segunda lei de Newton. Para os autores, o caráter aberto do SL traz vantagens para educação como a adaptação à realidade local, a tradução para idiomas de interesse, produção de manuais e tutorias e a distribuição de cópias gratuitas. Argumentam também que uma educação que não seja baseada em “caixas-pretas” (*softwares* não-livres) fomenta a autonomia e permite que estudantes e professores se tornem agentes críticos e ativos na utilização e produção das tecnologias, não só usuários. Apesar de aprofundar a discussão sobre impactos sociais de uma educação baseada em *software* livre e indicar referências para seus apontamentos, os autores não explicam o que é *software* livre.

Barneto e Martín (2006) abordam em seu texto a aprendizagem baseada em simulações computacionais e avaliam como *softwares* baseados em Java podem contribuir na aprendizagem. Apesar dos autores não avaliarem como os aspectos livres podem contribuir para a aprendizagem ou para educação, afirmam que *softwares* livres são bons pois liberam os estudantes das “ataduras impostas pelos *softwares* proprietários”. De maneira similar,



Carvalho et al. (2009) descrevem o desenvolvimento de um *software* educacional sobre geometria plana e como os aspectos livres podem contribuir para a aprendizagem ou para educação; afirmam que *softwares* livres são bons pois podem contribuir para a aprendizagem ou para educação e mencionam brevemente que a característica de código aberto das bibliotecas usadas é importante por que “o desenvolvimento de sistemas computacionais, em contrapartida à compra de sistemas comerciais, contribuem significativamente para o desenvolvimento tecnológico” (J. V. Carvalho et al., 2009, p. 32).

Carvalho Neto et al. (2018) descrevem o desenvolvimento de um equipamento de laboratório didático baseado na plataforma Arduino. Os autores apresentam como motivação do texto a falta de opções nacionais de custo acessível de equipamentos de laboratório para o ensino de física e justificam a escolha da plataforma Arduino a partir do seu baixo custo, boa documentação e facilidade de compartilhamento - características diretamente associadas por eles ao caráter livre da ferramenta. Destaca-se também no texto que todas as ferramentas auxiliares de *software* usadas eram livres, e que o próprio projeto descrito estava publicado abertamente. Apesar da ampla adoção de práticas e ferramentas de código aberto, os autores não discutem como essas práticas poderiam contribuir para o crescimento de opções nacionais acessíveis.

Em uma revisão sistemática sobre as contribuições do Arduino para o Ensino de Física, Moreira et al. (2018) analisam os trabalhos publicados sobre o tema em revistas brasileiras de ensino de física e ciências entre 2013 e 2017. Dos 20 trabalhos analisados, os autores constataram que 30% deles propõem atividades motivacionais com o Arduino, 30% apresentam projetos interdisciplinares e contextualizados, 50% tem como objetivo introduzir e fortalecer o ensino de conceitos físicos, 25% são atividades que envolvem a medição de grandezas e obtenção de dados, 25% promovem a inovação dos laboratórios didáticos e 5% tem como objetivo a difusão do Arduino. O estudo conclui que atividades com Arduino

contribuem para a motivação, colaboração e tomada de decisões entre os estudantes, além de contribuírem com a aprendizagem através da contextualização. Não são analisados nos artigos nenhuma característica associada a filosofia do movimento de código aberto, nem as implicações sociais da adoção de ferramentas livres no ensino; da mesma forma, os resultados encontrados não são associados de nenhuma forma ao aspecto de código aberto da ferramenta.

Foram encontrados nove artigos que abordavam o uso de materiais didáticos *Open Source*<sup>20</sup> na revista *Physics Review Special Topics - Education Research*, e cinco na *American Journal of Physics*. Esses recursos são diferentes conjuntos de materiais didáticos para aulas de física (currículo, atividades, *softwares*, experimentos, etc.) disponibilizados *online*. Apesar de usarem a expressão *open source*, não foi encontrado nos artigos nenhuma relação explícita com o conceito de REA, nem nenhuma discussão ou justificativa de vantagens da adoção desse material (com exceção de Goertzen et al. (2011), que menciona as vantagens de baixo custo e adaptabilidade dos materiais). De maneira similar como ocorreu em outros textos sobre as ferramentas de *software* e de *hardware*, o caráter de código aberto não é explicitamente abordado. Tal aspecto fica evidente no artigo de Smith e Witmann (2007), que, ao compararem a aprendizagem de estudantes após realizarem atividades de três diferentes materiais didáticos sobre leis de Newton, não destacam possíveis vantagens baseada no caráter aberto de alguns dos materiais.

Andersen et al. (2013) repetem o padrão encontrado nos demais textos ao abordarem o uso de REA. Os autores descrevem a história da transformação de um arquivo digital sobre teoria de Darwin, na Dinamarca, em um REA. Ao não destacarem em que sentido o material é um REA, não é possível verificar se o conteúdo e plataformas descritas são REA no sentido abordado nesta dissertação. Assim, apesar das grandes vantagens apontadas pelos autores - como a ampliação da comunicação científica e do intenso engajamento de escolas de todos os

---

<sup>20</sup> Incluem-se nesse grupo o *Open Source Tutorials*, desenvolvido pela University of Maryland, o *Open Source Tutorials in Physics*, disponibilizado pela Seattle Pacific University e o *Open Source Physics*, disponibilizado pelo Davidson College.

níveis em atividades relacionadas ao assunto – serem associadas por eles ao caráter aberto do material, não é possível indicar relação com características como documentação e licenças.

No artigo “Recursos Educacionais Abertos para o Ensino de Física: um curso de extensão para licenciandos brasileiros e colombianos”, Souza et al. (2019) dão ênfase ao uso e implicações dos REA num curso de extensão para professores de física. O trabalho apresenta uma extensa definição do que seriam REA, - baseada na definição da UNESCO (2012) - indicando, de forma mais elaborada do que nos demais textos analisados, que as liberdades dos REA contribuem com a educação nos sentidos de acesso, criação e compartilhamento de conhecimento. Ainda assim, está implícito no texto a motivação para a adoção dos REA, podendo-se concluir estar associada ao baixo custo, a cultura do compartilhamento e aos potenciais benefícios para a educação. Diferente dos demais textos analisados, os REA não são abordados nesse curso apenas como ferramentas, como materiais didáticos; sua conceitualização, reflexão e uso tem espaço de protagonismo nas atividades. Dos três principais itens discutidos no curso, um deles foi o valor dos REA; além disso, um espaço exclusivo no canal de comunicação do grupo foi criado para o compartilhamento de REA e a escolha pelo uso de ferramentas de código aberto ao longo de todas as atividades - da comunicação a escrita de textos - evidencia o protagonismo que os autores deram a elas no curso e indica uma compreensão de que os REA não se limitam aos materiais didáticos. Apesar de, segundo os autores, terem sido abordados temas como licenças abertas e o desenvolvimento e história do movimento *Open Source* e dos REA, o artigo não expõe detalhes dessas reflexões, de maneira que não é possível concluir qual o valor dos REA para os autores, nem porque é importante manter a coerência utilizando apenas *softwares* livres. Quanto às ferramentas de *hardware* e *software* adotadas, o trabalho reproduz o que foi encontrado nos demais textos: não há uma definição sobre o que significa ser *open source*.

Silva et al. (2015) também destacam o conceito de REA ao descreverem uma estação meteorológica de código aberto. O artigo se destaca por - mesmo sendo centrado na descrição de uma tecnologia - apresentar a escolha pelo uso de *hardware* e *software livres* e a filosofia dos REA e da Ciência Cidadã<sup>21</sup> como metodologias do desenvolvimento da estação meteorológica. Ainda assim, a justificativa para essa escolha não é aprofundada, resumindo-se a consideração de que os REA “facilitam o acesso ao conhecimento, uma vez que podem ser utilizados, estudados, modificados e redistribuídos livremente” (R. B. Silva et al., 2015, p. 2); já para os conceitos de *hardware* e *software* livre, não é apresentado nenhuma justificativa, nem definição. A relação dos REA com a ciência cidadã apontam para uma possível percepção de que os REA contribuem para aumentar a participação pública na ciência, mas tal elo não é explorado no artigo.

Em todos os artigos analisados parece haver uma crença compartilhada de que os conceitos de *hardware* e *software* livres (de código aberto, *open source* ou *free*) são senso comum, ou seja, que seu significado, vantagens e consequências são compreendidos e dominados pelos pesquisadores da área, dispensando qualquer discussão. Apesar dos benefícios serem tratados como óbvios, mesmo autores engajados com a filosofia dos REA e com a adoção dessas ferramentas em vários estágios de suas pesquisas (R. B. Silva et al., 2015; Souza et al., 2019) apresentam dificuldade para conectar as características do aberto com as consequências positivas para a educação e para a sociedade. O mesmo ocorre nos artigos internacionais sobre acesso aberto (Gamberi & Hall, 2019) e sobre REA (Andersen et al., 2013).

As vantagens apresentadas nos trabalhos - tais como o baixo custo, a versatilidade, a colaboração e o fácil acesso - são características das tecnologias livres e dos REA; elas

---

21 Segundo Silva et al. “A ciência cidadã está baseada na participação informada, consciente e voluntária de cidadãos que geram e analisam dados, discutem e apresentam os resultados, compartilhando o conhecimento produzido. Assim, ciência cidadã pode ser entendida como uma investigação científica feita por um conjunto de colaboradores que, em parte, não são cientistas” (2015, p. 2).

contribuem para o maior acesso à educação e diversidade de material didático. Por isso, os trabalhos analisados têm, por si, grande contribuição na exposição desses temas e na aplicação prática desses conceitos e ferramentas na educação em C&T. O não aprofundamento dos assuntos, contudo, aponta para uma carência de suporte teórico sobre como tais recursos, quando aplicado no ensino de ciências e de física, podem contribuir com a educação e com a sociedade de maneira ampla, não apenas pontual.

Ao não serem apresentadas as definições para os conceitos, corre-se o risco de um esvaziamento do significado das ferramentas de código aberto, facilitando que elas sejam limitadas a recursos gratuitos, ou de baixo custo, que ampliam o acesso à conteúdos apenas por estarem disponíveis publicamente.

É possível também identificar nos textos uma contradição implícita quanto à relevância das ferramentas livres. Ao mesmo tempo que não abordam seu caráter aberto, destacam que o seu baixo custo, adaptabilidade e sua documentação foram essenciais para que as atividades descritas pudessem ser desenvolvidas (e.g. Barneto & Martín, 2006; J. V. Carvalho et al., 2009). Apesar dos autores destacarem os benefícios que representam para a educação, raramente discutem por que e como são uma vantagem, nem incluem o caráter livre como uma variável a ser analisada e discutidas nas ferramentas.

Uma visão utilitarista das ferramentas é evidente nos trabalhos com atividades com Arduino. Ambos os artigos analisados sobre o assunto reproduzem uma visão que se repete nos demais artigos encontrados: limitam as contribuições do *hardware* livre à soluções momentâneas das dificuldades de acesso a tecnologias educacionais e científicas (e.g. J. V. Carvalho et al., 2009; M. P. C. Moreira et al., 2018). Já nos trabalhos sobre *software* livre, os três trabalhos analisados (Barneto & Martín, 2006; Bezerra Jr et al., 2012; J. V. Carvalho et al., 2009) apresentam, mesmo que brevemente, consequências mais amplas da adoção dessas ferramentas. Pode-se associar isso a maior força histórica do movimento de *software* livre em

comparação ao recente surgimento do movimento de *hardware* livre. Isso pode indicar que as discussões não acadêmicas sobre o tema são refletidas nos artigos, porém a falta de embasamento teórico profundo sobre o assunto limitam a reflexão científica sobre o tema.

As ferramentas associadas ao movimento de código aberto mobilizadas no Ensino de Ciências são os *softwares* e *hardwares* livres, e o único conceito mobilizado foi o de REA. Contudo, em vista de que apenas dois trabalhos de um universo de 95 abordaram o tema REA, não se pode considerar que ele é central ou de destaque nas pesquisas da área. De maneira geral, as justificativas para o uso da ferramenta estão baseadas no seu baixo custo e versatilidade (associada a adaptabilidade e possibilidade de contextualização). Em alguns casos as justificativas estão associados a possíveis benefícios para a educação (e.g. Souza et al., 2019) e para a sociedade (e.g. R. B. Silva et al., 2015), porém de maneira rasa. Não há nenhum conceito ou teoria usado para a defesa do uso de tecnologias livres e da promoção do conhecimento aberto no ensino de ciências, tampouco são discutidas consequências dessa adoção para a prática científica.

### **2.2.3 Resultados e Discussão: Ensino de Engenharia**

Foram encontrados um total de 158 artigos e trabalhos, sendo 11 artigos publicados em periódicos científicos e 147 trabalhos publicados nos anais do COBENGE, associados a conhecimento aberto e tecnologias livres no ensino de engenharia. Na Tabela 2.6 estão listados o número de artigo encontrado em cada revista. Desses, 96% (153) abordam como questão central a utilização ou desenvolvimento de *softwares* ou *hardwares* livres no ensino de engenharia, dos quais apenas 28 justificam a escolha por uma ferramenta de caráter livre. O restante (5) aborda os temas de acesso aberto, cultura *maker* e Recursos Educacionais Abertos (REA). Não foram encontrados trabalhos que abordassem a cultura *hacker*, nem aspectos da ciência aberta, como o uso de dados abertos ou o acesso a periódicos científicos.

<b>Revista</b>	<b>Número de artigos encontrados</b>
Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Tecnologia	3
Revista de Ensino de Engenharia	2
Educar em Revista	1
HOLOS	1
Revista Principia - Divulgação Científica e Tecnológica do IFPB	1
Ciência e Natura	1
Percurso (Curitiba)	1
Revista Digital de Biblioteconomia e Ciência da Informação	1
Informação & Sociedade: Estudos	1
Anais do COBENGE	147
<b>Total</b>	<b>158</b>

Tabela 2.6: Número de artigos e trabalhos encontrados em cada periódico de ensino de engenharia e educação tecnológica, e nos anais do COBENGE.

Dos artigos, sete abordam o uso de *software* livre (e.g. Saavedra Filho et al., 2017; J. M. Silva et al., 2016), três o de *hardware* livre<sup>22</sup> (todos descrevem atividades com a plataforma Arduino) (A. F. Moreira et al., 2016; Penereiro, 2016; Roque et al., 2017); desses, quatro apresentam, mesmo que superficialmente, o conceito de livre, aberto, ou *open source* e justificam a escolha da ferramenta. Do restante, um (R. C. Ferreira & Duarte, 2019) apresenta um resumo histórico do ensino de programação no Brasil e dois tratam de pesquisas sobre a

<sup>22</sup> Foram classificados nessa categoria todos os trabalhos que tinham como objeto central de estudo um *hardware* livre, mesmo que tenha sido explicitado o uso de um *software* livre. Destaca-se também que todos descrevem atividades com a plataforma Arduino.

percepção de professores de engenharia sobre publicações em acesso aberto (Furnival & Guirra, 2017; Furnival & Silva-Jerez, 2017).

Dos 147 trabalhos publicados nos Anais do COBENGE, 54 trabalhos descrevem a utilização ou desenvolvimento de *software* livre<sup>23</sup> - por exemplo, a utilização de *softwares* matemáticos como o Scilab (e.g. Andrade, 2004; Feitoza et al., 2012; T. da Silva et al., 2010), ou do desenvolvimento de soluções abertas em Java (e.g. F. Gomes, Queiroz, et al., 2011; Queiroz et al., 2010; Sievers Jr. et al., 2006) - e 91 de *hardware* livre<sup>24</sup> - dos quais dois são voltados a robótica livre (Cabral et al., 2018; de Souza e Silva et al., 2011) e apenas um não usava a plataforma Arduino<sup>25</sup> (de Souza e Silva et al., 2011) -, um associado a cultura *maker* (Leite et al., 2016) e um aos REA (Matta, 2012). Apesar de classificarem as ferramentas utilizadas como livres, 40 dos trabalhos de *software* livre (e.g. Lopes et al., 2004; Vilar et al., 2017) e 80 dos de *hardware* livre (e.g. F. J. Gomes et al., 2011; K. D. Moreira et al., 2017) não apresentam nenhuma definição para esses conceitos; 35 trabalhos baseados na plataforma Arduino nem o classificam como *hardware* livre (e.g. de Deus et al., 2018; Renna et al., 2014).

Dos 147 trabalhos e 11 artigos inicialmente encontrados, 18% deles (24 trabalhos e 5 artigos) apresentaram alguma justificativa para a adoção dessas ferramentas. O número seria ainda menor caso fossem selecionados apenas trabalhos que apresentassem uma definição explícita do que são *softwares* e *hardwares* livres: apenas 18 trabalhos (11%) realizaram essa tarefa (e.g. Agostinho et al., 2006; Delai et al., 2011). Dos 63 sobre *software* livre, um terço (21) definem o conceito; dos 94<sup>26</sup> sobre *hardware* livre, apenas oito (8,5%) definem o

23 Em alguns casos também foram usados as expressões *software* de código aberto, *open source*, *free*, ou *free and open source*. Apesar das diferenças entre esses conceitos, eles não foram distinguidos nesta análise.

24 A análise de *hardware* livre não diferenciou conceitos como *hardware*, ou plataforma, de código aberto ou *open source*. Igualmente, não foram discriminados, dentro dessa categoria, os trabalhos exclusivos de *hardware* livre daqueles que integravam *hardware* livre e *software*.

25 A plataforma utilizada foi a placa GoGo. Mais informações sobre a placa em seu site oficial: <https://gogoboard.org/>, acessado em Setembro de 2020.

26 Incluindo o trabalho de de Souza e Silva et al., que apesar de definir apenas o conceito de *software* livre, tinha como tema central a discussão de *hardware* para a robótica livre, incluindo plataformas livres como o Arduino.



conceito, sendo que dois estão errados, pois afirmam que todos os projetos derivados do Arduino devem ser de código aberto, ou estarem em domínio público (Bezerra Jr. et al., 2009; D. de A. Ferreira et al., 2018).

Em análise preliminar desses 29 textos, averiguou-se que - com exceção de Pinto et al. (2011, 2012) e Agostinho et al. (2006) – as definições apresentadas de *software* ou *hardware livre* são superficiais e genéricas, por vezes ambíguas, passando a impressão de que esses conceitos, e suas vantagens, são amplamente conhecidos (e.g. F. B. S. de Carvalho & Costa Junior, 2010). Grande parte dos trabalhos (14) defendem a adoção dessas ferramentas exclusivamente pelo seu baixo custo e fácil acesso (e.g. Agostinho et al., 2006; D. de A. Ferreira et al., 2018). Quatro trabalhos (Casara, Zamparete, e Beloli 2014b; Oliveira Junior, Knabben, e Bittencourt Leal 2014; Pereira 2018; Presoto de Oliveira et al. 2011) apresentam, sem aprofundamento, como motivação as características de versatilidade das ferramentas, ou seja, a possibilidade dela ser adaptada pelos usuários e estudantes, o fato de terem características técnicas aliadas a características pedagógicas que satisfazem os objetivos didáticos dos projetos descritos, e a possibilidade de fomentar o trabalho colaborativo e prático dos estudantes. Outros 11 trabalhos associam as vantagens do baixo custo à versatilidade das ferramentas (e.g. Andrade 2004; Lima, Nascimento, e Miranda 2018). Nem as licenças permissivas, nem as quatro liberdades estipuladas nas definições comumente adotadas de *software* e *hardware* livres (FSF, 2020b; OSHWA, 2012a), são apresentadas. Há um consenso entre os autores quanto a vantagem de fácil acesso, propiciada pela disponibilização gratuita de *softwares* livres e pelo baixo custo da plataforma Arduino.

As características pedagógicas das tecnologias livres são recorrentemente mencionadas (e.g. F. B. S. de Carvalho & Costa Junior, 2010; J. R. N. Ferreira et al., 2018; Sampaio & Feitosa, 2016), mas não são discutidas nem justificadas. Os trabalhos partem da premissa de que o ensino baseado em ferramentas livres conduz o estudante, quase que

automaticamente, a inserção em uma ampla comunidade de colaboração e cooperação (e.g. F. Gomes, Reis, et al., 2011; Presoto de Oliveira et al., 2011; Sampaio & Feitosa, 2016). Da mesma forma, assume-se que a utilização da ferramenta é o suficiente para que o estudante passe a ser um agente na disseminação do conhecimento aberto, ou até mesmo um “engenheiro melhor” e mais crítico (Bezerra Jr. et al., 2009; Vitoi et al., 2014).

Em seus trabalhos, Ferreira e Duarte (2019) e Leite e et al. (2016) ignoram a relevância do *software* livre para os movimentos por eles analisados. Ferreira e Duarte (2019), ao recontarem a história do ensino de programação no Brasil, não abordam a importância dos *softwares* livres e das linguagens de programação não-proprietárias no ensino de programação, negligenciado o importante papel desse movimento para a disseminação de ferramentas educacionais, e para o próprio desenvolvimento da programação. De maneira similar, Leite et al. (2016), apesar de descreverem uma atividade *maker* que utiliza a plataforma Arduino, não menciona que ela é uma ferramenta livre, não abordando o fato de que essa escolha não é ocasional: o caráter não proprietário do seu *design* mecânico e eletrônico foi, e é, essencial para a difusão dessa ferramenta em comunidades de desenvolvimento caseiras e artesanais, como costumam ser as *makers*.

Assim como na revisão em ensino de ciências, o grande número de trabalhos identificados mostra o interesse e envolvimento de professores e pesquisadores com o tema do código aberto e abrem as portas para a utilização dessas tecnologias e recursos na educação em engenharia e tecnológica. Para a terceira etapa, foram selecionados 12 trabalhos (Tabela 2.7) que discutem justificativas elaboradas para a escolha de ferramentas livres, que apresentam implicações da adoção de ferramentas livres no ensino de engenharia, ou que discutiam temas associados ao conhecimento aberto.

Título	Autoria e ano de publicação	Revista de Publicação	Conceito Abordado
--------	-----------------------------	-----------------------	-------------------

As percepções e práticas de publicação em acesso aberto dos pesquisadores de dois programas de pós-graduação em engenharia	(Furnival & Guirra, 2017)	Revista Digital de Biblioteconomia e Ciência da Informação	Acesso Aberto
Percepções de pesquisadores brasileiros sobre o acesso aberto à literatura científica	(Furnival & Silva-Jerez, 2017)	Informação & Sociedade: Estudos	Acesso Aberto
Recursos educacionais abertos para o ensino on-line nos cursos de engenharia	(Matta, 2012)	Anais do COBENGE 2012	Recursos Educacionais Abertos
<i>Softwares</i> científicos e de engenharia livres versus proprietários	(Polon et al., 2006)	Anais do COBENGE 2004	<i>Software</i> livre
Conscientização da importância do <i>software</i> aberto visando a autonomia tecnológica dos engenheiros civis	(Bamberg & Ribeiro, 2004)	Anais do COBENGE 2004	<i>Software</i> livre
Proposta de uma metodologia para aplicação de <i>software</i> livre no ensino de engenharia através de live cd	(Vinicius Maciel Pinto et al., 2011)	Anais do COBENGE 2011	<i>Software</i> livre
Uma abordagem didática sobre conservação de energia no modo de consumo em espera utilizando <i>software</i> livre	(Vinicius Maciel Pinto et al., 2012)	Anais do COBENGE 2012	<i>Software</i> livre
<i>Softwares</i> livres no ensino de engenharia uma atitude socialmente justa, economicamente viável e tecnologicamente sustentável	(Agostinho et al., 2006)	Anais do COBENGE 2006	<i>Software</i> livre
<i>Software</i> livre alguns aplicativos científicos para engenharia	(Andrade, 2004)	Anais do COBENGE 2004	<i>Software</i> livre
Ampliando o espaço laboratorial:	(Queiroz et al.,	Anais do	Software livre

educação em controle através de ambiente hils baseado em	2010)	COBENGE 2010	
Tecnologias livres e interdisciplinaridade na formação em engenharia – uma experiência da UTFPR	(Bezerra Jr. et al., 2009)	Anais do COBENGE 2009	<i>Software livre - Hardware livre</i>
Desenvolvimento de uma plataforma open <i>hardware</i> para estudo de um carregador solar	(Vitoi et al., 2014)	Anais do COBENGE 2014	<i>Hardware livre</i>

Tabela 2.7: Artigos e trabalhos selecionados para a análise na terceira etapa da revisão da literatura em ensino de engenharia, a última coluna indica quais os conceitos mencionados ou abordados pelos trabalhos.

Furnival e Silva-Jerez (2017), bem como Furnival e Guirra (2017), descrevem, a partir de uma ampla pesquisa, a percepção dos professores de engenharia - bem como de outras áreas de pesquisa - acerca da publicação científica em acesso aberto. Apesar de não ser uma pesquisa realizada por pesquisadores de engenharia, os artigos foram analisados por apresentarem a percepção desses sobre publicação em acesso aberto. Os resultados sugerem um desconhecimento e desconfiança por parte dos engenheiros em relação a políticas e práticas de acesso aberto, tendo uma menor tendência, do que pesquisadores de outras áreas, tanto ao uso de material em acesso aberto, quanto a publicação aberta de seus trabalhos. Os autores destacam também o importante papel que as agências de desenvolvimento e avaliação (e.g. CAPES) tem exercido em desincentivar as publicações abertas, ao valorizar a pontuação em revistas fechadas de alto impacto. O desconhecimento de que a publicação em revistas fechadas não impede o arquivamento do artigo em repositório aberto, indica que a baixa adesão a publicação aberta se dá também por um desconhecimento em relação aos direitos de propriedade intelectual e aos direitos cedidos as revistas (Furnival & Guirra, 2017; Furnival & Silva-Jerez, 2017). Se extrapolados para a área de uso e desenvolvimento de tecnologias livres e ciência aberta, os resultados dessa pesquisa indicam que também a adesão ao uso e

desenvolvimento de tecnologias livres e de ciência aberta pode estar sendo prejudicado pelo desconhecimento de licenças permissivas e sobre o que representa, em relação aos direitos autorais e a propriedade intelectual, a disponibilização pública e aberta de conteúdo, códigos e esquemáticos.

Em seu trabalho, Matta (2012) defende o uso dos REA e do ensino a distância como alternativas para o ensino de engenharia. Em sua busca, encontrou mais nove mil REA voltados para o ensino superior na área de engenharia, distribuídos em sete repositórios abertos. A autora descreve cuidadosamente o significado dos REA se baseando numa versão preliminar do conceito lançada pela UNESCO em 2002. São destacados no texto como vantagens da adoção de REA o fácil acesso, a possibilidade dos usuários desenvolverem diferentes práticas pedagógicas a partir do material disponível e o fomento de que o estudante se torne mais ativo e responsável pelo seu aprendizado. A autora também menciona que a inserção dos REA na educação tem impactos positivos na sociedade, e que também contribuem para a democratização do ensino. Por ser o primeiro, e único, trabalho sobre REA na área de engenharia, contribui por introduzir o conceito na área, o associando às implicações positivas quando usado no ensino a distância. Apesar dessa importante contribuição, as justificativas para essas vantagens não são discutidas, deixando em aberto como e porquê os REA podem democratizar o conhecimento e contribuir para a sociedade.

Analisou-se também o trabalho de Polon et al. (2006) em comparar *softwares* de engenharia livres com proprietários. Os autores objetivamente comparam apenas características técnicas de performance e apresentação de *softwares* de engenharia livres *versus* as alternativas proprietárias. Não há menção à vantagens e resultados secundários, de caráter social e econômico, da utilização dessas ferramentas. A ausência da discussão de qualquer outro aspecto exemplifica a visão utilitarista com que diversos autores trataram *softwares* livres educacionais.

Em relação as consequências positivas da incorporação de tecnologias livres no ensino de engenharia, que também podem ser entendidas como motivações, apenas oito trabalhos mencionam seus impactos sociais. Desses, quatro trabalhos (Bamberg & Ribeiro, 2004; Bezerra Jr. et al., 2009; Queiroz et al., 2010; Vitoi et al., 2014) discutem impactos econômicos e sociais e quatro citam a importância das ferramentas livres para a difusão e acesso ao conhecimento (Andrade, 2004), a democratização da informação e inclusão digital (Agostinho et al., 2006; Vinicius Maciel Pinto et al., 2011; Vinícius Maciel Pinto et al., 2012).

Pinto et al. (2011; 2012) apresenta, nos dois trabalhos, uma proposta para a inserção de *softwares* livres no ensino de engenharia. Em ambos os autores explicam o conceito baseados na definição da *Free Software Foundation* (FSF) (FSF, 2020b), destacando explicitamente as quatro liberdades fundamentais do *software* livre: as liberdades de uso, estudo, modificação e distribuição. Ressaltam também as políticas públicas brasileiras para a promoção *software* livre como motivadoras para o trabalho. Em suas análises do impacto da utilização de *softwares* livre no ensino de engenharia, apontam que o baixo custo das ferramentas promove maior democratização da informação e um melhor treinamento dos engenheiros no uso de *softwares* profissionais.

Bamberg e Ribeiro (2004) se aprofundam em uma argumentação diferente da convencional. As autoras argumentam que o *software* livre é essencial para a autonomia tecnológica e intelectual dos engenheiros por darem a eles controle sobre seus instrumentos de trabalho. Elas apresentam exemplos de *softwares* de cálculo voltados para a engenharia civil e defendem que, caso os engenheiros não se apropriem dessas ferramentas, terão seus trabalhos e potencial de inovação limitados pela ferramenta proprietária. As autoras defendem que engenheiros que usam *softwares* proprietários estão “se escravizando tecnicamente e economicamente” (Bamberg & Ribeiro, 2004, pg. 4). No sentido contrário, a filosofia do *software* livre tem como objetivo, segundo mostram as autoras, fomentar a independência dos

usuários, aumentando também sua flexibilidade, qualidade e confiabilidade e facilitando o acesso ao *software*. Esse trabalho traz grande contribuição para a discussão por introduzir o tema de autonomia tecnológica e *software* livre na educação em engenharia e apontar a importância das ferramentas livres para a possibilidade dos engenheiros cumprirem seu papel tecnocientífico na sociedade. A defesa do *software* livre como promotor de autonomia se fundamenta no seu baixo custo e versatilidade; contudo, *softwares* proprietários podem igualmente ser gratuitos e versáteis sem, por isso, deixar de promoverem dependência técnica e econômica.

Bezerra et al. (2009) se propõem a ampliar a discussão sobre a importância das tecnologias livres, expandindo a participação do engenheiro na sociedade. Ao descreverem atividades práticas de ensino com a plataforma Arduino, os autores defendem que o uso de tecnologias livres no ensino de física “coexiste com a possibilidade de sua apropriação crítica por parte da sociedade, favorecendo a transformação social por meio do conhecimento científico” (Bezerra Jr. et al., 2009, pg. 4). Na sequência, afirmam que as atividades propostas por eles formam engenheiros “que não são meros usuários mas participantes ativos num processo de criação interdisciplinar e com visão humanista” (Bezerra Jr. et al., 2009, pg. 4).

Vitói et al. (2014) apresentam os projetos abertos de *software* e *hardware* livres no contexto de crescente acesso a informação, destacando sua gratuidade, a mitigação a pirataria, economia em investimentos, apoio de grandes corporações, suas características técnicas e outros valores como a possibilidade de criar “algo significativo, e não efêmero” (Vitói et al., 2014, p. 3). Motivados por essas razões, propõem um projeto educacional com *hardware* livre que permitirá os estudantes a desenvolverem a criatividade, solução de problemas e pensamento crítico. Os autores mencionam iniciativas associadas ao movimento de código aberto, como a *Open Source Hardware Association* e a *Creative Commons*, mas definem o que é *software* ou *hardware* livre de maneira superficial.

Apesar de apresentarem as tecnologias livres como ferramentas para um ensino de engenharia crítico, humanista e participativo. Vitoi et al. (2014) e Bezerra et al. (2009), por não indicarem no texto como, nem porquê, as tecnologias livres contribuem nessa formação, dão a entender que ferramentas educacionais não-proprietárias levam os estudantes a refletirem criticamente sobre sua prática e que o desenvolvimento delas resultam, necessariamente, em tecnologias que serão apropriadas pela sociedade e que favorecem a participação cidadã. Não consideram, porém, outros fatores, como a alfabetização tecnológica, ou acesso à internet, ou até mesmo a relevância das tecnologias e conhecimentos produzidos para a sociedade no geral, ou seu interesse na participação na produção desses saberes.

A partir de uma definição de *software* livre baseada nas quatro liberdades fundamentais, Agostinho et al. (2006) defendem extensamente a adoção do *software* livre no ensino de engenharia em razão do seu baixo custo de aquisição e manutenção e, principalmente, por propiciar uma maior inclusão digital de toda a sociedade. Por esse motivo, a capacitação de engenheiros com *softwares* livres é uma atitude “socialmente justa, economicamente viável e tecnologicamente sustentável” (Agostinho et al., 2006, pg. 8). Da mesma forma que os outros trabalhos que apresentam a inclusão digital e a disseminação do conhecimento como uma das motivações para a ampla adoção de tecnologias livres (Andrade, 2004; Vinicius Maciel Pinto et al., 2011; Vinicius Maciel Pinto et al., 2012; Vitoi et al., 2014), os autores não justificam porquê essa atitude é socialmente justa, em que sentidos é economicamente viável e como é tecnologicamente sustentável.

Para Pinto et al. (2011), a inclusão digital, propiciada pela ampla adoção de *softwares* livres e como consequência direta do seu baixo custo, representa um incentivo para os estudantes e diminuí os custos de inserção do engenheiro no mercado de trabalho. Em uma visão mais ingênua, Andrade (2004) destaca como vantagem, dentre várias características



técnicas, “A certeza de estar participando de uma comunidade cujo valor principal é a irrestrita difusão do conhecimento.” (Andrade, 2004, pg. 2). Queiroz et al. (2010) mencionam, além do baixo custo e de características técnicas positivas, que o desenvolvimento de tecnologias livres possibilita aos engenheiros e estudantes de engenharia uma maior independência de fornecedores externos, fomentando o desenvolvimento de capacidades locais e a resolução de questões associadas a pirataria, propriedade intelectual e regras de comércio.

É possível identificar um consenso entre autores e autoras de que a adoção de tecnologias livres na educação de engenharia tem o potencial de contribuir não só na aprendizagem dos estudantes, como também transformar as sociedades. Contudo, mesmo os trabalhos que indicam implicações sociais positivas (e.g. Bamberg & Ribeiro, 2004; Vinicius Maciel Pinto et al., 2011), não há discussões aprofundadas sobre o assunto, nem são apontadas referências para fortalecer os argumentos. Há, então, uma falta de bases teóricas claras sobre como a filosofia de código aberto, para além da acessibilidade e adaptabilidade, podem transformar a sociedade.

O baixo número de artigos publicados evidencia que a pesquisa no ensino de engenharia não tem se preocupado com discussões acerca de conhecimento aberto, nem do uso e desenvolvimento de tecnologias livres, nem da produção de ciência aberta. Em contrapartida, os Anais do COBENGE expõem uma comunidade de professores de engenharia interessados em produzir e utilizar tecnologias livres em suas aulas, porém, sem embasamento teórico coeso e consistente para avançar nas discussões das implicações na prática da engenharia e na sociedade como um todo da ampla adesão a essas tecnologias no ensino de engenharia. De maneira geral, é possível afirmar que a área de educação em engenharia não compreende o impacto que o uso de ferramentas e práticas educacionais não proprietária podem ter sobre a educação como um todo, do nível individual ao coletivo.

O conceito de “livre”, ou “código aberto”, ou “*open source*”, mobilizado por essa comunidade é, de maneira geral, superficial, resumido a gratuidade dos *softwares*, ao baixo custo dos *hardwares* e a disponibilização pública dos códigos. As justificativas para a adoção das tecnologias concentram-se em vantagens econômicas individuais, ou de pequenos grupos; da adaptabilidade das ferramentas; e das potencialidades das comunidades de desenvolvimento colaborativas de cada ferramenta. Questões filosóficas sobre a liberdade do conhecimento, ou implicações sociais, econômicas e ambientais do conhecimento aberto foram abordadas superficialmente. Práticas como o licenciamento aberto, a documentação dos projetos, a utilização de recursos educacionais abertos e a disponibilização de dados não foram, ou foram muito pouco, trabalhados.

#### **2.2.4 Implicações para o estudo**

As duas revisões realizadas mostram que há uma preocupação de professores e pesquisadores da área de ensino de ciência e engenharia em incorporarem à educação as tecnologias livres e REA. Apesar dessas pesquisas não investigarem especificamente a contribuição dessas práticas, esses trabalhos representam um importante passo na disseminação da filosofia e práticas de código aberto.

As pesquisas na área de REA demonstram que o conceito está sendo incorporado pela área. Ainda que recaiam nas vantagens pontuais do baixo custo e da adaptabilidade, essa linha demonstrou maior preocupação em apresentar e discutir as implicações de sua adoção. Aspectos como o Acesso Aberto e o movimento *maker* são pouco trabalhados, enquanto outros como a cultura *hacker*, os Dados Abertos e a Ciência Aberta não são abordados, indicando que as pesquisas na área não incorporaram essas práticas e perspectivas.

São predominantes as publicações sobre o uso de tecnologias livres (255 trabalhos), como o *software* e o *hardware* livre, em atividades didáticas. De maneira geral, as revisões indicam que as pesquisas na área abordam os aspectos das tecnologias livres de uma perspectiva utilitarista ou de uma perspectiva ingênua. Utilitarista quando ignoram os aspectos filosóficos e ideológicos por trás dos conceitos e ferramentas, os utilizando de uma perspectiva “neutra” e puramente técnica. Ingênua quando, ao não definirem os conceitos e ignorarem discussões críticas sobre o assunto, os apresentam como soluções de conhecimento geral que conduzem à democratização do conhecimento e inclusão digital, dando a entender que sua adoção leva automaticamente a um pensamento crítico e a práticas de colaboração. Ambas as abordagens contribuem para a disseminação das tecnologias livres na educação; em especial, as ingênuas contribuem por destacar as vantagens de baixo custo, adaptabilidade e a possibilidade de trabalho colaborativo; além disso, introduzem o assunto ao apontarem, mesmo que sem profundidade, as possíveis vantagens positivas delas.

Enquanto as abordagens ao uso de *softwares* livres variam entre ingênuas (e.g. Bezerra Jr. et al., 2009) e utilitaristas (e.g. Polon et al., 2006), as do uso de *hardware* livre são utilitaristas (e.g. M. P. C. Moreira et al., 2018). Isso pode ter ocorrido devido ao gradual desinteresse dos professores e pesquisadores pelo caráter livre das tecnologias, do esvaziamento da discussão como consequência de abordagens ingênuas, ou pode ter sido resultado da complexificação do debate sobre as vantagens e implicações da adoção de tecnologias livres ao se passar do *software* para o *hardware*. Como elaborado a seguir, argumenta-se que a fragilidade das motivações dominantes é consequência do seu distanciamento dos fundamentos filosóficos que baseiam os movimentos de conhecimento aberto.

Não foi possível identificar em nenhum trabalho uma visão crítica sobre como essas ferramentas e práticas, de um ponto de vista pedagógico, favorecem o trabalho colaborativo,

estimulam a participação dos estudantes em comunidades de desenvolvimento externas e desenvolvem neles um senso crítico e humanístico. Não é discutido nos trabalhos como o uso dessas ferramentas levam seus usuários a colaborarem uns com os outros, a se integrarem em comunidades de desenvolvimento e a se sentirem motivados a adaptá-las, darem continuidade ao desenvolvimento ou participarem ativamente na produção e condução de C&T.

A adaptabilidade, o baixo custo, a versatilidade e a colaboratividade não são características presentes em qualquer tecnologia livre; elas são consequências de um projeto, documentação e comunidade voltados a elas. Os fundamentos das tecnologias livres podem ser resumidas na defesa da liberdade e ampla disseminação do conhecimento, promovendo a autonomia e independência das pessoas, por meio das possibilidades práticas (com documentação e repositórios adequados e disponíveis publicamente) e legais (com licenças permissivas) de que as quatro liberdades fundamentais (usar, estudar, modificar, distribuir) (FSF, 2020b) e suas variações sejam exercidas. Ao se suprimir esses princípios e resumi-los às características inicialmente citadas, arrisca-se que a compreensão do que são tecnologias livres e REA seja desvirtuada, ou de que soluções não-livres com as mesmas características sejam adotadas. Adicionalmente, reforça a percepção de que elas sempre vêm acompanhadas de uma ampla comunidade de desenvolvedores pronta para colaborar, ignorando que novas tecnologias, e áreas de desenvolvimento não tradicionais nesse movimento – como a biotecnologia e agronomia -, não possuem tais comunidades, sendo necessários cultivá-las. De forma similar, é de extrema relevância pedagógica não assumir que todas as tecnologias livres e REA são ferramentas didáticas capazes de cumprir com os objetivos pedagógicos desejados.

A gratuidade de *softwares* livres é uma consequência da liberdade de uso associada à característica específica de arquivos digitais, em que uma cópia adicional do arquivo não gera custo significativo, ou seja, o *download* de um arquivo não representa custo adicional. O

mesmo não ocorre com *hardwares*, como circuitos eletrônicos e máquinas, ou com outras tecnologias materiais, como compostos biológicos e químicos. A fabricação de uma unidade adicional requer investimentos em material, máquinas e de tempo de pessoas capacitadas; quanto mais artesanal, e menos industrial, for o processo de fabricação, ou produção, mais caro provavelmente ele será. Por isso, nem todo *hardware* livre será mais barato do que sua alternativa proprietária. Assim, o baixo custo não é uma característica fundamental das tecnologias livres, e sim uma consequência.

Enquanto o incentivo a adoção de tecnologias livres, REA e de práticas de ciência aberta for puramente econômico, diversos obstáculos citados retardarão a sua difusão e incorporação na sociedade em geral. Por exemplo, apesar de a economia gerada, a longo prazo, pela adoção de alternativas livres em instituições poder ser reinvestida na instituição, a incorporação dessas alternativas não é livre de custos. Em universidades, os gastos investidos com a compra de licenças e com a aquisição de revistas científicas fechadas poderiam ser investidos em assistência estudantil, infraestrutura, e pesquisa e desenvolvimento, por exemplo. Porém, a adoção das alternativas livres requer investimentos em capacitações, na troca de equipamentos e na contratação de serviços de manutenção, não sendo, portanto, livre de custos. Adicionalmente, os integrantes dessas instituições podem oferecer resistência a aprender ferramentas novas, o que requer trabalhos de motivação e convencimento.

Voltar-se apenas para a questão econômica tem também como consequência o encobrimento de outras implicações. As universidades, por exemplo, exercem importante papel na capacitação dos profissionais, sendo responsáveis pela formação de cientistas e engenheiros. Assim, a formação que essas instituições oferecem moldam as possibilidades de desenvolvimento e crescimento de um país, sendo uma das responsáveis pela abertura dos caminhos de desenvolvimento e crescimento possíveis. Portanto, quando uma universidade adota como prática a utilização de tecnologias livres, ou REA, e promove a cultura da

produção de ciência aberta, possibilita que essas práticas se difundam também para espaços não acadêmicos, como empresas, indústrias e escolas. Não repercute, portanto, apenas no âmbito financeiro, mas também na cultura da ciência e da engenharia.

Como exemplo dos prejuízos a que a visão limitada identificada nos trabalhos pode levar, imagine um professor de engenharia que entenda que uma tecnologia livre é sempre de baixo custo, com fóruns e tutoriais abertos na *internet*, que possa ser adaptada e que sempre contribuirá para a disseminação do conhecimento. Motivado em gerar um impacto positivo na sociedade com os projetos desenvolvidos em sua disciplina, se dedica a desenvolver projetos com Arduino com seus estudantes. Sem a adequada discussão sobre licenciamento, publicam os códigos e esquemáticos *online* sem especificar as licenças, mantendo, assim, o padrão de *copyright*; por acreditarem que os projetos desenvolvidos não podem ser comercializados, alguns de seus estudantes se desmotivam, preferindo investir em projetos fechados, enquanto outros perdem oportunidades de empreender com os projetos desenvolvidos no curso. Os estudantes, imersos em uma cultura de competitividade e de uma educação bancária, consomem os conteúdos disponíveis *online*, mas não se envolvem ativamente na produção de tutoriais, nem se engajam em discussões em fóruns. O trabalho colaborativo e a cultura da cooperação, que se acreditava ser fomentado pelo uso de tecnologias livres, se resumiu às trocas realizadas com os colegas do mesmo grupo.

Sem a percepção de que os códigos e esquemáticos possam ser, na prática, livremente estudados e modificados, alguns projetos incorporam componentes eletrônicos e mecânicos proprietários e outros fazem uso de *softwares* proprietários para o desenvolvimento dos esquemáticos e componentes dos projetos, limitando, assim, as possibilidades futuras de modificações. Sem uma discussão crítica sobre os impactos das tecnologias na sociedade, e sem uma pesquisa honesta sobre as necessidades e interesses do público-alvo, os projetos desenvolvidos, apesar de terem como objetivo questões sociais e ambientais, tais como

tecnologias assistivas para deficientes visuais e auditivos, tecnologias de monitoramento da qualidade da água, ou drones para assistência médica e entrega de alimentos, não contribuem para a inclusão digital dessas populações, nem para a disseminação do conhecimento, pois reproduzem formas de pensar e operar a que elas não tem acesso, ou que não dialogam com suas realidades, ou, ainda, que não resolvem os problemas que se propõem a solucionar.

O fato da tecnologia em si ser de código aberto não garante que seus produtos serão abertos, nem que democratizarão a informação e promoverão a inclusão digital da sociedade; não garante, também, que seu uso em situações didáticas resultará, necessariamente, em estudantes mais críticos, conscientes, e aptos ao trabalho colaborativo, virtual ou não. O *hardware*, tratado no exemplo, é uma ferramenta como outra qualquer, e o uso dado a ela dependerá das intenções e motivações de seus usuários, e das possibilidades abertas por seus desenvolvedores. Independente da finalidade, ou objetivo, ou comunidade por trás de uma ferramenta, seu uso não exige que o usuário compartilhe desses mesmos valores e práticas. Portanto, o uso de tecnologias livres para fins educacionais deve ser inserido em um plano pedagógico que considere, para além de aspectos técnicos de engenharia, aspectos práticos e legais para a garantia da liberdade dos conhecimentos e tecnologias produzidos, atividades de desenvolvimento de habilidades de comunicação, escrita e trabalho colaborativo, e aspectos filosóficos e sociais, aliados a uma visão crítica dos conhecimentos e tecnologias desenvolvidos.

De maneira similar, tanto para fins didáticos, quanto para a prática de ciência e engenharia, é preciso ter clareza dos objetivos desejados. Por exemplo, autonomia tecnológica, disseminação do conhecimento e inclusão digital são objetivos relacionados, mas diferentes, e não é certo que um conduzirá ao outro. A adoção de ferramentas gratuitas e de código aberto, como o Google Docs e Drive<sup>27</sup>, favorecem o trabalho colaborativo, com

---

<sup>27</sup> O Google Docs e o Google Drive são serviços de armazenamento, sincronização e edição de arquivos *online* disponibilizados gratuitamente pela Google LLC.

ferramentas de edição de texto simultânea, e, por serem gratuitas, favorecem a adesão de pessoas de diversas condições socioeconômicas. A adesão de escolas e universidades ao Gsuite (Parra et al., 2018) tem permitido que estudantes da rede pública aprendam, desde muito jovens, a usar o computador, navegar na internet e a usar as soluções educacionais da Google. Nesse exemplo, se por um lado essas soluções, ferramentas de baixo custo de favorecem o trabalho colaborativo, favorecem a inclusão digital, por outro, enfraquecem a autonomia tecnológica e intelectual não só dos estudantes, mas de toda a sociedade envolvida. Assim, é fundamental desconstruir o mito de que a adoção de tecnologias de baixo custo, fácil acesso e adaptáveis, sempre impactará positivamente a sociedade, sendo crucial um debate amplo sobre não só ferramentas livres, mas sobre conhecimento aberto.

Ressalta-se que analisar as diferentes alternativas de ferramentas livres e proprietárias apenas de um viés técnico, sem a análise crítica mencionada, oculta suas potencialidades e reforça um paradigma utilitarista das tecnologias. Ignora as relações entre a ciência, a tecnologia e a sociedade e pode levar a um sonambulismo tecnológico, fortalecido nas crenças de uma ciência salvacionista (em que ela é a capaz de solucionar todos os problemas da sociedade) e de um determinismo tecnológico (em que as transformações sociais são geradas unicamente pelo desenvolvimento tecnológico) (Auler & Delizoicov, 2001).

Apesar de não ter sido alvo dessa revisão, a análise também mostrou que pesquisadores da área não associam o uso dessas ferramentas livres com discussões sobre as relações entre Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente. Apesar de Silva et al. (2015) tangenciarem essa discussão ao abordar a ciência cidadã e Bezerra Jr. (2009) se aproximar dela ao apontar a importância do *software* livre para a formação de estudantes e professores críticos, nenhum delas transpõem essa barreira invisível que dificulta que o tema seja abordado com profundidade.



Apesar das ótimas contribuições dos textos estudados, em especial por estarem focados na aplicação prática de tecnologias livres e REA, a revisão indica que a área não adota nenhuma base teórica consistente para discutir as implicações pedagógicas e sociais da adoção de práticas e ferramentas do movimento de código aberto. Para uma compreensão crítica e profunda de como as tecnologias livres e a ciência aberta podem transformar as relações entre ciência, tecnologia e sociedade, como podem contribuir para a superação de desigualdades e injustiças sociais, e como podem contribuir positivamente para a educação, se faz necessário elaborar uma discussão ampla que relacione os vários aspectos do movimento de código aberto à educação em ciência e engenharia.

Para suprir essa falta, optou-se associar às visões de Stehr sobre a sociedade e a pedagogia de Freire ao movimento de código aberto. No próximo capítulo, cada um desses referenciais será detalhado.

### 3 Referencial Teórico

Neste capítulo serão apresentadas as quatro bases nas quais o estudo se fundamentará. Primeiramente será apresentada a Teoria da Sociedade do Conhecimento, de Nico Stehr. Em seguida, a educação emancipatória de Paulo Freire e as diferentes abordagens dos movimentos de código aberto, assim como a teoria de Hiperobjetos de Rafael Pezzi. Devido à pouca difusão da TSC na área de ensino de Ciências e Tecnologia, optou-se por apresentá-la detalhadamente, incluindo discussões que não serão mobilizadas no desenvolvimento da investigação realizada, além de ponderações críticas a ela. De maneira distinta, as ideias de Freire, que são amplamente difundidas na área, foram resumidas aos conceitos e reflexões que serão mobilizadas nesse trabalho. Já no caso do conhecimento aberto, como não há consenso em relação ao seu significado, vários pontos de vista foram apresentados.

#### 3.1 Teoria da Sociedade do Conhecimento

A Teoria da Sociedade do Conhecimento (TSC) está baseada nos estudos do sociólogo Nico Stehr<sup>28</sup>. Segundo autor, suas motivações para o estudo da sociologia do conhecimento partem do poder transformativo do conhecimento científico e técnico, um poder de transformar a sociedade, suas organizações e suas relações; o conhecimento costura a tecnologia, a política e a educação, a arte, a história e a economia (Stehr, 2018). A teoria do autor, iniciada na década de 80, recentemente foi condensada em duas obras (Adolf & Stehr, 2017; Stehr, 2018) que refletem suas contribuições à área. Sua teoria enfoca aspectos diferentes das abordagens mais conhecidas de Sociedades do Conhecimento, principalmente

---

<sup>28</sup> Stehr nasceu em Berlin, em 1942, e foi criado em Bremerhaven, na Alemanha Ocidental. Após se graduar em economia pela University of Cologne, trabalhou em diversas universidades na Alemanha, nos Estados Unidos da América e no Canadá, destacando-se pelas suas contribuições sobre o papel social do conhecimento e as consequências sociais das mudanças climáticas (Stehr, 2018).

as apresentadas pela UNESCO, pelo Banco Mundial e pelas Nações Unidas<sup>29</sup> (Ruser, 2018), diferindo, em parte, como será discutido posteriormente, das abordagens mais frequentes, como as apresentadas por Duarte (2013).

A TSC trata da descrição das sociedades modernas da perspectiva do papel exercido pelo conhecimento em suas economias – por isso são chamadas de sociedades do conhecimento. Essas sociedades se caracterizam pela forte dependência do capital econômico pelo conhecimento; a fonte de seu crescimento econômico e das atividades de valor agregado advém do conhecimento, pois ele é o principal recurso dos processos produtivos econômicos (Stehr, 2018). O conhecimento é então elemento fundamental no crescimento e desenvolvimento econômicos dessas sociedades.

A influência do conhecimento na economia e na estratificação social não é característica única das sociedades do conhecimento. Pelo contrário, o conhecimento sempre cumpriu um papel essencial na vida social e sempre foi base da ação humana. As classes sociais em várias sociedades foram definidas pelo acesso a conhecimentos como o da medicina, da ciência, da escrita, ou dos conhecimentos considerados sagrados e místicos. As relações sociais – sejam elas políticas, econômicas ou afetivas – há muito dependem e são mediadas pelo conhecimento. Frequentemente o poder foi exercido também por meio do conhecimento. Em todos os tipos de sociedade, sua própria perpetuação se dá pela reprodução de sua cultura, o que envolve a transferência<sup>30</sup> e manutenção do conhecimento. A importância

---

29 Em 2002, o Banco Mundial publicou um guia de como criar Sociedades do Conhecimento. Já em 2005, o Departamento de Assuntos Econômicos e Sociais das Nações Unidas criou um Índice de Sociedades do Conhecimento (Ruser, 2018). A UNESCO igualmente promove as Sociedades do Conhecimento, mas com a perspectiva de que elas sejam construídas se baseando em pilares de liberdade de expressão, acesso universal ao conhecimento, respeito à diversidade cultural e educação de qualidade a todos. Para alcançar esses objetivos, defende a ampla adoção de políticas de Acesso Aberto a publicação científica, Recursos Educacionais Abertos, *Software* Livre e de Código Aberto, entre outros movimentos pela abertura do conhecimento (UNESCO, 2013).

30 Os termos “transferência” e “aquisição” de conhecimento são usados no presente texto nos sentidos apresentados por Adolf e Stehr. O termo “transferência” será entendida como a ação de um indivíduo de ensinar a outro algo, diretamente ou indiretamente, e não referente à capacidade do indivíduo de mobilizar conhecimentos construídos em uma situação em outras classes de situações. Já o termo “aquisição” não deve ser entendida como a simples “aquisição” de “unidades de conhecimento” que se acumulam na mente do indivíduo, mas como parte do desenvolvimento cognitivo originado da ação ativa do indivíduo e da articulação dos diferentes conhecimentos adquiridos.

do conhecimento em sociedades antigas não as fez sociedades do conhecimento porque outras forças produtivas – que não o conhecimento – exerceram maior influência no desenvolvimento econômico (Stehr, 2018).

Já nas sociedades do conhecimento, outras forças produtivas desempenham um papel coadjuvante na economia. A produção industrial, a propriedade e o “*labor*” deixam de ser o motor principal da economia das sociedades modernas avançadas e abrem espaço para o protagonismo do conhecimento. A principal transformação que a estrutura econômica sofre ao passar para uma sociedade do conhecimento – partindo de uma sociedade industrial – é o deslocamento do recurso de entrada nos processos produtivos. A influência de elementos como o tempo de trabalho e o capital físico perdem importância como fatores dos processos produtivos diante da relevância do conhecimento nesses processos. Ademais, os principais recursos deixam de ser materiais (recursos naturais, minerais, água, carvão, petróleo, etc) e passam a ser recursos simbólicos baseados no conhecimento (Stehr, 2018).

As sociedades do conhecimento modernas se originam de sociedades industriais. Se transformaram a partir delas não por processos revolucionários, ou de algum acontecimento específico, pelo contrário, sua transformação é gradual e contínua (Adolf & Stehr, 2017; Stehr, 2018). Essa transformação não leva a um padrão definido de sociedade. As diferentes sociedades do conhecimento não possuem um padrão de costumes e culturas unificado; é na verdade a possibilidade de serem diferentes que as aproximam. Amplificados pelas novas tecnologias da comunicação, grupos e culturas se mesclam, se recriam ou se isolam; não mais obedecem designações comportamentais de uma mesma instituição (Stehr, 2018). Em geral, as sociedades se tornam mais frágeis e vulneráveis, sujeitas a constantes mudanças e imprevistos provocados pelo alto fluxo de conhecimento (Adolf & Stehr, 2017).

### 3.1.1 O que é conhecimento?

Stehr define conhecimento como *capacidade de ação* (Adolf & Stehr, 2017, p. 1). O termo capacidade é usado para descrever as possibilidades que o conhecimento oferta; expor a possibilidade de múltiplas implicações e conseqüências; e sinalizar que o conhecimento pode ser usado para fins “irracionais”. Esta definição implica que a aplicação do conhecimento não é fixa e que nem todo o conhecimento tem um fim prático, ou é baseado em fatos, e nem mesmo reflete uma verdade objetiva. Sua capacidade e a ação dependem intimamente do contexto social, econômico e das condições intelectuais do indivíduo, grupo ou instituição que o detém (Adolf & Stehr, 2017; Stehr, 2018).

Conhecimento é uma capacidade de ação, mas apenas se apresenta como ação quando posto em prática. Sua relação com o conceito de poder se encontra no fato deste ser um atributo que possibilita a ação. Em contrapartida, depende de poder para que sua capacidade se transforme em ação. Adicionalmente, Stehr nega a ideia de que o conhecimento é sempre benéfico às pessoas, que ele possa ser neutro e de que reflete a verdade – seja ele científico, tecnológico, ou de qualquer outra forma (Adolf & Stehr, 2017).

Stehr diferencia conhecimento de informação, pois acredita que ambas possuem características distintas. Ao contrário do conhecimento, informação não é capacidade de ação. A informação pode ser quantificada e pode estar expressa na forma de texto, tabela, mapas, calendários, gráficos, etc., mas sem o uso de ferramentas e habilidades intelectuais específicas para sua interpretação, não representam uma capacidade de ação (Adolf & Stehr, 2017).

A capacidade de ação nos permite colocar algo em movimento ou impedi-lo, nos permite criar e destruir, nos permite sustentar, manter e perpetuar, nos permite agir sobre condições externas e internas, individuais ou coletivas (Adolf & Stehr, 2017). Por exemplo, dados estatísticos sociais (informações) refletem a sociedade e os conhecimentos que surgem

deles são capacidades de agir sobre a sociedade. Ou ainda, o conhecimento sobre um vírus é uma capacidade de ação que pode nos levar a extingui-lo. O conhecimento sobre um sistema simbólico, como o sistema de números binários, permite que se aja sobre o mundo de maneira diferente: um código de computador é um protocolo para a organização da informação que constitui uma capacidade de ação.

Em relação ao conhecimento científico e tecnológico, Stehr rejeita a ideia de que eles possuam alguma característica fundamental de eficiência de ação, de que são incontestáveis, de que não estão sujeitos a interpretação e de que podem ser transmitidos sem impedimento. Como aponta Stehr, se consideradas as necessidades específicas e restritas (contextuais) necessárias para a reprodução do conhecimento científico e tecnológico, é direto o entendimento de que o conhecimento não é universal e de que não é acessível a todos. A abordagem sociológica do conhecimento escolhida por Stehr descreve o conhecimento científico como um produto coletivo historicamente e socialmente baseado, que não é incontestável e tampouco é a única forma de conhecimento humano. Pelo contrário, ele é liberado da responsabilidade de ser reprodutível fora da comunidade científica, se tornando incompleto, provisório e fragmentado em um sentido mais amplo (Adolf & Stehr, 2017; Stehr, 2018).

Sobre o conhecimento tecnológico, Stehr ressalta que esse não pode ser resumido a esquemas técnicos que podem ser usados e interpretados a custo nominal. Sua compreensão, bem como reprodução, envolvem também uma série de habilidades cognitivas – geralmente complexas, sofisticadas, raras e caras. Em alguns casos, apenas informações superficiais sobre o conhecimento técnico estão codificadas e objetificadas em meios não pessoais de comunicação (como tutoriais, desenhos e esquemáticos). Por vezes, partes mais complexas e sofisticadas do conhecimento técnico exigem uma série de habilidades específicas e complexas, dificultando a disseminação do conhecimento para aqueles que não possuem esse

conjunto específico de habilidades. Ou então se encontram atrelados ao próprio fazer técnico, de forma que estão intrinsecamente associado aos especialistas que produzem, ou que reproduzem, essas técnicas. Como resultado, a disseminação do conhecimento tecnológico pode ser, em alguns casos, mais cara do que sua produção, suscitando o questionamento de se a produção e disseminação - no sentido de reprodução - dos conhecimentos podem realmente ser separadas (Adolf & Stehr, 2017).

A exemplo, o esquemático de um circuito de uma placa eletrônica não contém todas as informações necessárias para se compreender a vastidão de conhecimentos que o envolvem. Há um conhecimento subliminar nesses desenhos técnicos, tais como teorias associadas ao eletromagnetismo e a ciência dos materiais, bem como saberes práticos sobre eletricidade e eletrônica. Além disso, o esquemático não codifica os conhecimentos necessários para a produção da placa – tais como a conservação dos componentes eletrônicos, ou a escolha da técnica e equipamento de fabricação –, nem para sua calibração e validação. Todos esses elementos, da idealização teórica à produção do produto, são conhecimentos tecnológicos; eles abrangem muitos mais componentes do que aqueles codificados nos esquemáticos e especificações técnicas, pois incluem também saberes que estão intimamente associados às práticas de produção de conhecimento e que não são facilmente materializados. Portanto, a disseminação do conhecimento tecnológico não pode ser separada das práticas que envolvem sua própria produção.

O conhecimento é uma entidade com propriedades peculiares, diferente dos bens e das propriedades convencionais. Objetos como maçãs, carros e relógios são *bens rivais*, ou seja, quando são transferidos de uma pessoa para outra, saem de seu domínio de origem para um novo domínio. Diferentemente, o conhecimento é um *bem não rival*, o que implica que passa para um novo domínio sem sair do seu domínio de origem. Em outras palavras, quando é “transferido” de uma pessoa a outra, ambas podem possuí-lo simultaneamente. Sua produção

possui incertezas e suas aplicações não são livres de riscos; o conhecimento não é soberano, nem unicamente uma descrição da realidade. Apesar de intangível, o conhecimento também existe na sua forma objetificada, corpórea: materializada na forma de tecnologia, registrada em livros, filmes, áudios, etc. (Adolf & Stehr, 2017; Stehr, 2018).

Uma das maiores peculiaridades do conhecimento é que, ao contrário do dinheiro, títulos e direitos de propriedade, ele não pode ser transferido instantaneamente. Leva um tempo até que sua reconstrução seja feita, e não é possível regular e medir todas as instâncias de sua transferência. Não é possível impedir que, na reconstrução, o conhecimento seja, de alguma forma, alterado, pois depende do intermédio de capacidades e habilidades cognitivas. Ao mesmo tempo, a construção pode ser não intencional e quase inconsciente. A censura do conhecimento é problemática e não há limites para o seu crescimento, apesar de levar tempo para ser construído (Stehr, 2018).

Para a TSC, o conhecimento é um bem comum e privado simultaneamente, mas costuma ser frequentemente interpretado como coletivo. O conhecimento científico, por exemplo, deve, a princípio, estar acessível. Ao mesmo tempo, a tecnologia é vista como um “bem capital privado” (Adolf & Stehr, 2017; Stehr, 2018). Sua abertura é rara, e o aluguel do seu uso – a permissão temporário do uso de patentes - pode ser apropriado privadamente. As modernas tecnologias de comunicação – que facilitam o compartilhamento da informação – e o potencial de disponibilidade universal irrestrita do conhecimento o tornam, de alguma forma, resistente à propriedade privada. Apesar disto, a concentração, e não a descentralização, do conhecimento pode ser potencializada pelas tecnologias modernas de controle e vigilância. Estas questões, resume Stehr, mostram que o aumento da importância social do conhecimento mina sua exclusividade (Stehr, 2018).

Para Adolf e Stehr (2017), conhecer envolve a participação de alguém (aquele que sabe) com aquilo que será sabido (os fatos, as coisas, as regras ou leis) e conseqüentemente



apropriado como competência e habilidade. É uma relação entre nós, os que conhecem, e as coisas. É cognitivo, é coletivo e é a ativa realização dos múltiplos atores (Adolf & Stehr, 2017).

O conhecimento objetificado é uma representação simbólica, objetificada desta apropriação intelectual; é uma entidade coletiva que não existe sem a participação humana. Para conhecer algo, se apropriar do conhecimento, não é necessário entrar em contato com esse algo; basta entrar em contato com sua representação simbólica. Os conhecimentos objetificados são as fontes da cultura de uma sociedade; são um estoque de apropriação intelectual altamente refinada sobre a natureza e sobre a sociedade; já os bens de capital tem incorporado em si o conhecimento de como produzir, a si mesmo ou outras mercadorias (Adolf & Stehr, 2017; Stehr, 2018).

A participação no ato de conhecer está sujeita à estratificação: o acesso ao conhecimento – o estoque de apropriação intelectual – depende e molda as oportunidades da vida, o estilo de vida e a influência social do indivíduo. Em formas anteriores de sociedade, a vida do indivíduo era mais dependente do acesso aos meios de produção, da capacidade de ser produtivo, ou da possibilidade de trabalho agrário, por exemplo. Apesar de o conhecimento exercer poder e influência sobre os indivíduos, esses não dependiam do acesso a ele para a sobrevivência, para as relações sociais, para obter renda ou alimento. Nas sociedades do conhecimento essa relação de dependência com o conhecimento muda, pois ele passa a ser fundamental para a vida social. O estoque de conhecimento objetificado media nossas relações com a natureza e com nós mesmos, o que não significa que o conhecimento é unicamente útil, nem que representa a realidade, ou que é incontestável (Adolf & Stehr, 2017).

O conhecimento não é um bem escasso, mas possui dois aspectos que podem o transformar em escasso. Primeiro, o acesso ao conhecimento incremental é restrito e é mais

difícil de ser obtido do que as demais partes do conhecimento. O *conhecimento incremental* é uma unidade de conhecimento que avança além do *conhecimento em geral*. Esta unidade marginal de conhecimento possui grande potencial de influência, pois representa uma vantagem – econômica, política, etc. – daqueles que o tem em relação aos que não tem. Quanto maior o tempo de decaimento deste incremento, ou seja, quanto maior o tempo que demora para integrar o corpo geral de conhecimentos, mais poder seu possuidor tem. O conhecimento adicional promove uma vantagem cumulativa de aprendizado que implica numa competição desequilibrada que é elemento constitutivo da economia em uma sociedade do conhecimento (Stehr, 2018).

Como exemplo, pode-se pensar no acesso aos conhecimentos relacionados à produção de cimento. A parte básica deste conhecimento é de conhecimento geral: a mistura de diferentes concentrações de areia, água e cimento comum (ou cimento pronto) produz o cimento para uso. O conhecimento de como se produz o cimento comum é mais restrito, mas de fácil acesso. Já o conhecimento da produção do cimento branco, ou do cimento de alto-forno, por exemplo, é mais avançado e restrito. Neste caso, cada nova teoria, ou técnica, que avança em relação a sua base é um incremento ao conhecimento. A restrição a esses conhecimentos pode ser intencional – por meio de patentes, ou segredos industriais –, ou técnico – acesso aos conhecimentos prévios e habilidades intelectuais necessárias para compreender os conhecimentos mais avançados. As empresas com acesso a essas técnicas ganham vantagem em relação às suas competidoras. Em suma, o conhecimento adicional, sinônimo de incremental, aumenta a capacidade de ação, propiciando vantagens econômicas e políticas para quem o possui (Adolf & Stehr, 2017).

O segundo aspecto escasso do conhecimento ocorre quando o conhecimento da habilidade cognitiva de gerar conhecimento é restringida (Stehr, 2018). Por exemplo, a habilidade de ler, a habilidade de escrever, a habilidade de integrar e derivar cálculos

matemáticos, a habilidade de soldar componentes eletrônicos, a habilidade de escrever códigos de computador, a habilidade de analisar dados estatísticos, de compreender desenhos industriais, esquemáticos técnicos, etc. Essas habilidades podem ser necessárias, por exemplo, para construir e validar um equipamento científico, ou para produzir um componente eletrônico, por exemplo.

Um conhecimento, quando vendido, entra no domínio de seu comprador sem sair do seu domínio de origem. Similarmente, um conhecimento reconstruído não implica transferência da capacidade cognitiva de gerar tal conhecimento. Por exemplo, um equipamento científico vendido não transfere consigo, usualmente, o conhecimento de calibração e validação do próprio. A não transferência dessas habilidades cognitivas dá aos seus possuidores vantagens na produção de conhecimento adicional e gera dependência dos que não a possuem (Stehr, 2018).

Para a Stehr, as reflexões citadas levantam questões sobre o conhecimento ser a fundação para a: formação de classes e hierarquias sociais; distribuição de oportunidades sociais e influências políticas; vida pessoal. Além disso, se o conhecimento pode ser entendido como um princípio normativo de coesão e integração social. O autor não responde a estas perguntas explicitamente, apesar de implicitamente responder positivamente a todas elas. Ainda assim, a preocupação maior de Stehr não é a resposta objetiva a estas perguntas, mas sim suscitar debates sobre como o conhecimento age em cada uma delas (Stehr, 2018).

### **3.1.2 Valor econômico do conhecimento**

Na sociedade do conhecimento o conhecimento é a força produtiva de maior influência no capital econômico. Como forma de produção, substitui as formas típicas de uma sociedade industrial (propriedade e capital). Logo, é uma fonte de valor adicional, crescimento econômico e produtividade (Stehr, 2018). Suas duas expressões de maior

significado econômico são a emergência do conhecimento científico como força produtiva imediata e a disputa por classificar o conhecimento como propriedades (ou mercadorias) (Adolf & Stehr, 2017).

O conhecimento científico e tecnológico se transformam em força produtiva imediata, e conseqüente fonte de crescimento econômico, quando produzem informação (dados, técnicas, programas, teorias) que representa capacidades de ação que se transformam em componentes constitutivos da sociedade; é também um tipo de conhecimento relevante para produção sem a necessidade de intermédio de força de trabalho braçal. O conhecimento científico e tecnológico produz capacidades incrementais para a ação social e econômica que aumentam a habilidade do “saber fazer”. As capacidades adicionais podem ser capitalizadas e serem força de produção ou resultado de um processo (Adolf & Stehr, 2017).

O conhecimento científico e técnico é delimitado pelo volume de recursos necessários e pela complexidade associada à implementação de uma capacidade de ação, a dificuldade de “por um conhecimento em prática”. Por recursos se pode entender desde matéria-prima, até infraestrutura e recursos humanos indispensáveis para essa prática. Associada à implementação de um conhecimento científico está uma complexa rede de habilidades, informações e conhecimentos encadeados que se fazem cruciais para sua execução. Se atualmente a produção de conhecimento não está mais limitada a um determinado tempo e espaço, sua interpretação e uso (prático) passam a depender fortemente do tempo, localização e circunstâncias. É o trabalho de interpretação executado por especialistas que complementa as limitações práticas do conhecimento científico e o contextualiza (Adolf & Stehr, 2017; Stehr, 2018).

Esses limites são parte inerente do processo de produção e reprodução do conhecimento científico e técnico, estabelecem a importância, nas sociedades avançadas, do papel desempenhado por especialistas em ocupações baseadas no conhecimento, como

engenheiros e cientistas, e limitam o poder social do conhecimento científico. Assim, como responsáveis por extrair do conhecimento as ações práticas desejadas, os engenheiros e cientistas são a força de trabalho da sociedade moderna. O seu prestígio social e a autoridade serão maiores quanto mais próximos do conhecimento adicional estão (Adolf & Stehr, 2017; Stehr, 2018).

Devido ao caráter não-rival do conhecimento, há uma enorme dificuldade em determinar o valor econômico (monetário) de uma unidade de conhecimento e de estabelecer direitos de propriedade sobre ele. Stehr discute algumas teorias, métodos e estratégias para monetizar o conhecimento e conclui que nenhum chega a uma classificação satisfatória. As tentativas de monetizar o conhecimento levam, em sua maioria, a monetização da informação; outros analisam o valor do conhecimento apenas enquanto entrada na cadeia produtiva; outros, seu valor apenas como saída da cadeia produtiva. Algumas dessas perspectivas permitem que se infira o valor de um conhecimento após o seu surgimento, mas nenhuma foi capaz de desenvolver um método que preveja o custo e o retorno de uma invenção ou descoberta. Os mecanismos legais de propriedade intelectual (patente, direitos autorais e marca registrada) buscam privatizar o uso e acesso ao conhecimento, mas não há garantias de que conseguem ser aplicadas. A classificação do conhecimento como mercadoria se baseia no protagonismo de corporações no direcionamento das pesquisas científicas, mas também é motivo de crítica quando do patenteamento de conhecimentos sensíveis (como os genes) (Adolf & Stehr, 2017).

Economicamente, o valor do conhecimento depende da sua utilidade, mas também depende da habilidade de seus consumidores de o usarem. É difícil antever todo valor que se pode explorar de um conhecimento até que ele seja comprado/adquirido e seu valor extraído. Por não se poder inequivocamente definir uma unidade de conhecimento, estratégias podem ser usadas para transformá-lo em mercadoria. Por exemplo, o produtor de conhecimento pode

criar barreiras para o acesso às práticas que levam à construção do conhecimento. Isso depende do poder que esses produtores têm sobre suas práticas e sobre o consumidor (Adolf & Stehr, 2017).

A parte do conhecimento que pode ser entendida como uma mercadoria, e a qual é mais fácil de controlar, é o conhecimento adicional (incremental). A facilidade de exercer controle e privatizar o conhecimento adicional o torna estratégico no contexto econômico. Acrescenta valor econômico a uma mercadoria por ser uma inovação que o consumidor não tinha acesso anteriormente. Por interesse das indústrias e corporações que financiam pesquisas, o conhecimento incremental está sujeito a ser um conhecimento rival e excludente. Curiosamente, devido à alta taxa de produção de conhecimento, o conhecimento adicional rapidamente aparece e desaparece (Adolf & Stehr, 2017).

O valor investido para a produção do conhecimento adicional está inserido no capital humano e físico, mas também em toda infraestrutura indiretamente usada nesta produção. Associado a ele está uma rede de infraestruturas (institutos de educação, bibliotecas, mídia, editoras etc.) que fogem do controle direto das corporações, mas que devem ser sustentadas. Essas condições dificultam ainda mais a monetização do conhecimento adicional (Adolf & Stehr, 2017).

A importância econômica do conhecimento só faz acirrar o debate político sobre a propriedade intelectual. Para alguns autores (Evensn & Putnam, 1987, pg. 34 apud Adolf & Stehr, 2017), sem a intervenção do estado, o conhecimento é naturalmente um bem comum, seja por questões normativas (como o ideal da ciência como um conhecimento coletivo), seja por seus atributos não-materiais e não-rivais. Não há, porém, nenhuma característica essencial do conhecimento que o impeça de ser uma mercadoria. A exemplo, o conhecimento geral disponível não é nem completamente exclusivo, nem completamente sem rival, e seu uso está,

em geral, restrito, seja por mecanismos legais, seja por estar incorporado em instrumentos e artefatos (Adolf & Stehr, 2017).

Com o objetivo de incentivar a inovação e a criação (literária, artística, científica, etc), mecanismos legais de proteção a propriedade intelectual – proteção ao uso de obras e ideias e remuneração de autores e inventores – existem em diversos países. A propriedade intelectual costuma ser dividida em dois tipos: os direitos autorais e a propriedade industrial. Enquanto os direitos autorais protegem obras literárias, artísticas, científicas, coreográficas, desenhos, pinturas, etc., a propriedade industrial protege – por meio de registros de marcas e patentes – invenções que solucionam problemas técnicos (Fundação Getúlio Vargas [FGV], 2011).

Como o conhecimento tende a estar incorporado apenas nas patentes, elas representam um sistema de aluguel de conhecimento. As patentes transformam um bem não-rival em um bem exclusivo; apenas o dono dos direitos pode se apropriar dos benefícios da invenção. Apesar de diretamente ligadas a questões econômicas e legislativas, as patentes também possuem implicações sociais e políticas; de um ponto de vista econômico, são incentivos para a produção de inovações socialmente e economicamente relevantes/desejáveis. Stehr ressalta que não há consenso sobre o real estímulo à inovação proporcionado pelas patentes, sobre o efeito do preço adicionado ao produto final, sobre até que grau uma inovação pode ser patenteada, nem sobre quem é dono dela (principalmente quando baseada em conhecimentos coletivos ou produzida com recursos e infraestrutura de uma corporação ou instituição). De fato, Stehr afirma que as patentes tendem a frear a inovação ao dificultar a disseminação de conhecimento (Adolf & Stehr, 2017). Discussões críticas sobre o assunto concluem que o sistema de patentes deveria ser enfraquecido, e não fortalecido (Boldrin & Levine, 2013 apud Adolf & Stehr, 2017).

A dificuldade de medir o valor monetário dos direitos autorais, patentes, *royalties*, e outras formas de propriedade intelectual levam alguns críticos a defenderem que o

conhecimento seja disponibilizado em domínio público (Boldrin & Levine, 2013 apud Adolf & Stehr, 2017). Se classifica em domínio público as ideias e obras que não estão mais, ou que nunca estiveram, sujeitas aos termos de direitos autorais; mesmo que ainda possam estar sujeitas a alguns direitos morais e de autoria, são, em termos práticos e econômicos, livres e gratuitas, não havendo restrições de uso sob elas. A existência do domínio público é de importância crucial para o desenvolvimento de uma cultura (Lessig, 2004), bem como possui estimado valor econômico (Landes & Posner, 2003 apud Adolf & Stehr, 2017).

A transição econômica envolvendo conhecimento adicional poderia envolver a transferência de direitos de propriedade, assim como um bem econômico convencional. Porém, não há garantia de que todos os conhecimentos adicionais produzidos irão se comportar de maneira convencional. Apesar de haver várias estratégias para encarar o conhecimento como propriedade, não há uma forma concreta, fixa e inequívoca de definir o conhecimento, adicional ou não, como uma propriedade econômica convencional. Para a TSC, o conhecimento é muito valioso e especial para ser medido unicamente num sentido monetário – a sabedoria, *insights* e experiência não estão a venda no mercado, e nem por isso não possuem valor – e sua restrição e exclusividade são quase impossíveis devido a sua característica inerente de intangibilidade (não-materialidade) e a crescente facilidade de armazenar e compartilhar informação (Adolf & Stehr, 2017).

### **3.1.3 Desigualdades sociais na TSC**

Em sua análise, Stehr indica que a medida que as sociedades industriais se transformaram em sociedades do conhecimento, também as teorias sobre desigualdade social deveriam ser reformuladas para abarcar essas transformações das realidades econômicas e sociais. As teorias baseadas nas sociedades industriais explicam a desigualdade social como essencialmente resultado da relação do indivíduo com o trabalho (ou com suas condições



materiais), da mesma forma que os estratos e classes sociais são determinadas por essa relação (Stehr, 2000).

Contrariando essas teorias, Stehr destaca que análises recentes das sociedades modernas mostram que devido o acúmulo de riqueza pessoal e familiar, e do estabelecimento de um pacote de direitos de cidadania e bem-estar social garantidos ao indivíduo, houve uma diminuição da subordinação direta do indivíduo a sua posição ocupacional no mercado de trabalho. Adicionalmente, Stehr ressalta que, para além da ocupação do indivíduo, há outros atributos que levam à desigualdade, tais como: o acesso à seguridade social, o acesso aos serviços sociais, o acesso aos recursos de lazer e à desigualdade de tratamento devido às características imputadas (Stehr, 2000).

A teoria indica que um processo de descentramento está ocorrendo nas sociedades modernas. Elas perderam os centros de autoridade fixos e os padrões de conduta exemplares e rigidamente limitantes. O que se vê é a multiplicação de partidos políticos, padrões familiares, estruturas de gênero, disciplinas científicas, grupos étnicos, comunidades, cidades, estratos sociais, etc. Esse processo de descentramento produz estruturas maleáveis que, em consequência, podem reconstruir as regras que governam os padrões estruturais. A flexibilidade e maleabilidade das novas realidades tem como consequência uma inversão na relação entre bem-estar material e conhecimento: o segundo passa a comandar o primeiro. Como resultado, a desigualdade social nas sociedades do conhecimento são menos visíveis e óbvias do que nas sociedades industriais (Stehr, 2000).

É neste cenário maleável que a capacidade de ação originada do conhecimento ganha um papel de protagonismo na estratificação do indivíduo. Aqueles dotados de conhecimento são capazes de mobilizar recursos que os protegem e isolam dos impactos imediatos do mercado e da coerção. Stehr chama este tipo de conhecimento de competências sociais. Essas

competências sociais são recursos para o indivíduo ter controle sobre a própria vida e independem da sua ocupação no mercado (Stehr, 2000). Para ele,

“o conhecimento deveria ser conceituado como um pacote de competências sociais que governam o processo de formação e manutenção do prestígio e do status social [. . .], o conhecimento tem efeitos específicos sobre o processo de formação da desigualdade, ao passo que os resultados continuam a envolver hierarquias distribuídas em dimensões tradicionais, ou não tão tradicionais assim” (Stehr, 2000, p. 107).

Como indicado, a teoria não descarta a existência de hierarquias de poder diversas, mas busca entender a atuação do conhecimento na produção delas. Nesse estudo, o autor lista as cinco principais competências sociais que esculpem a desigualdade social. A *capacidade de extrair vantagens* – ou de tirar partido do discernimento - dos regulamentos legais que regem a conduta social permitem, por exemplo, o indivíduo obter vantagens no campo de tributos, investimentos e escolaridade. Similarmente, a *facilidade para organizar recursos de proteção* – ao patrimônio ou a saúde, por exemplo –, protegem o indivíduo e sua família contra desvalorizações estruturais ou excessivas. A *autoridade para falar*, originada da competência do indivíduo de se expressar, resulta, por exemplo, na dificuldade de leigos contestarem especialistas, e, como consequência, de disputarem “a verdade”. A *capacidade de se preparar para desafios* é resumida por Stehr como o conhecimento dos indivíduos para contestar as práticas dos especialistas e do Estado, além da sua capacidade de burlar os esquemas de vigilância e fiscalização. Por último, Stehr cita a *capacidade de evitação e exclusão* como a capacidade de traçar estratégias para evitar situações de risco como a exposição a conflitos, violência e situações de risco à saúde (Stehr, 2000).

### 3.1.4 Capital Cultural e Conhecimento

Para a TSC, as análises das desigualdades sociais como resultado de estruturas fixas de classe – baseado nas sociedades industriais -, não são mais compatíveis com as difusas e maleáveis classes sociais das sociedades modernas. Se faz necessário, para além de considerar

o trabalho e a propriedade como estruturantes das desigualdades sociais, também o conhecimento. Pierre Bourdieu realizou essa tarefa ao defender que as desigualdades sociais não dependiam unicamente do capital econômico, mas também do que chamou de capital cultural, simbólico e social (Nogueira & Nogueira, 2017). Apesar das proximidades entre as abordagens, em especial a similaridade entre os conceitos de capital cultural e da competência de autoridade para falar, as teorias se distinguem significativamente. Em suas obras, Stehr aponta três maneiras em que as teorias se diferenciam (Stehr, 2018).

Baseado no conceito de capital econômico, Bourdieu descreve outros três tipos de capital: social, simbólico e cultural (Nogueira & Nogueira, 2017). O capital social de um indivíduo pode ser resumido como a rede formada por relações sociais fundamentadas em trocas materiais e simbólicas; seu volume está associado à capacidade do indivíduo de mobilizar esta rede em seu benefício e do capital global (econômico, cultural e simbólico) dos agentes da rede (Bourdieu, 2007). Já o capital simbólico se refere ao modo como o indivíduo é percebido pelos outros, ao prestígio, reconhecimento, que recebe devido ao seu capital global aparente (Nogueira & Nogueira, 2017).

O capital cultural é, resumidamente, a quantidade de conhecimento que o indivíduo consegue mobilizar. Ele se apresenta em três formas: incorporado, objetificado e institucionalizado. O capital incorporado pode ser entendido como o conhecimento acumulado pelo indivíduo. A incorporação desse capital é uma ação individual que depende, primeiramente, do investimento de tempo e energia do próprio indivíduo; ao contrário de bens como dinheiro e títulos, não pode ser passado instantaneamente, nem pode ser transferido por procuração. Pode ser “adquirido” de maneira inconsciente ou consciente, mas sempre expressa marcas das condições de “aquisição”. Para o autor o conhecimento é uma forma de capital, mas seu valor (econômico) dependerá da classe social que ele representa. Por isso, ausência de capital cultural incorporado não significa ausência de conhecimento, significa

ausência de conhecimento com valor (econômico)(Bourdieu, 2007; Nogueira & Nogueira, 2017).

Sua forma objetificada se apresenta na forma de bens culturais, como livros, quadros, máquinas e outras obras culturais (tanto artísticas, quanto científicas e tecnológicas). Apesar de a propriedade jurídica desses bens poder ser herdada e transferida como qualquer outra, sua apropriação (capacidade de usá-lo para seu fim específico) depende do capital cultural incorporado (específico desse bem) acumulado ou pelo indivíduo, ou pelo conjunto da família, ou de forma indireta (utilizando-se do capital econômico e social para acessar especialistas). Por fim, o capital cultural institucionalizado são os certificados e diplomas que atestam conhecimento e cultura. Os certificados e diplomas representam o resultado objetivo dos investimentos em educação e treinamentos e a relação de permuta entre o capital econômico e o capital cultural (Bourdieu, 2007; Nogueira & Nogueira, 2017).

A teoria do capital cultural relaciona o valor do capital cultural a sua proximidade com a cultura das classes dominantes e, por consequência, o acesso desigual preexistente aos meios de distribuição e acumulação desse capital. Ela identifica nos mecanismos institucionalizados, como a escola, mecanismos de reprodução e legitimidade da cultura das classes dominantes. Reconhece também que o capital cultural proporciona benefícios de distinção aos seus proprietários que são valorizados pelo sistema de educação, pelo mercado de trabalho e até mesmo pelo mercado matrimonial (Bourdieu, 2007; Nogueira & Nogueira, 2017).

Segundo Stehr, a teoria de Bourdieu apresenta um viés individualista, pois descreve o capital cultural como um atributo inerente ao indivíduo, ligado a sua personalidade<sup>31</sup> (Stehr, 2018). Stehr ressalta que o capital cultural está englobado em processos e estruturas coletivas,

---

31 Derivado, segundo Stehr, da tentativa de Bourdieu de proporcionar em sua teoria uma forma de se calcular os ganhos do investidor advindos de investimentos em capital cultural (Stehr, 2018).

não é um fenômeno homogêneo e nem fixo, está sujeito a constantes mudanças motivadas pela necessidade de inovação (Adolf & Stehr, 2017).

A segunda diferença relaciona a abordagem às estruturas das classes sociais. Bourdieu segue a estrutura fixa e inevitável de classes sociais, baseadas nas sociedades industriais. Sua teoria desconsidera a perda, ou alteração, que o capital cultural possa sofrer ao ser transmitido hereditariamente e limita as possibilidades individuais e coletivas de mudança, inovação e resistência. Por último, Stehr aponta que Bourdieu descreve sociedades pouco diferenciadas, onde a cultura incorporada é classificada apenas segundo a posição social que representa, ignorando as especificidades das culturas não estratificadas. Essa limitação impede a diferenciação entre várias formas de sociedade e suas transformações a partir de novas incorporações na cultura e dos sistemas de crenças. Assim, ao analisar unicamente o capital cultural pela sua relação com poder e dominação, Stehr argumenta que a teoria de Bourdieu perde a possibilidade de analisar o papel que o conhecimento pode exercer contra a autoridade, poder e dominação. Nesse sentido, Stehr busca voltar sua teoria para a capacidade de agência de indivíduos e até que ponto maior acesso a uma ampla variedade de competências sociais pode transformar as estruturas sociais das desigualdades (Stehr, 2018).

Apesar de Stehr mencionar a relevância das hierarquias tradicionais nas estruturas das desigualdades sociais, e não negar completamente as discussões e proposições apresentadas por Bourdieu, pouca atenção é dada para como a origem do indivíduo afeta o acesso e desenvolvimento de suas competências sociais. Como mostrou Bourdieu, há um caráter hereditário na manutenção das elites dominantes que favorece que pessoas originadas nesses grupos tenham um considerável maior acesso a competências de proteção, evitação e autoridade para falar. De forma similar, Stehr não desenvolve como características imputadas - como gênero, raça, etnia e outras características que diverjam do desenvolvimento normativo - podem afetar não só o acesso ao conhecimento, como limitarem sua ação, criando, por

exemplo, a necessidade de competências de proteção e evitação específicas<sup>32</sup>. Ao evitar abordar os temas de poder e dominação, Stehr constrói, por um lado, uma teoria flexível e otimista, e, por outro lado, ignora como grupos diferentes exercem poder um sobre os outros, e como a manutenção desse poder estrutura as desigualdades sociais e se sobrepõem às capacidades de agir um dos outros.

### 3.1.5 Conhecimento e Poder

Em contraste com visões que defendem que conhecimento é poder, a interpretação de Stehr propõe que o conhecimento e poder são atributos diferentes, mas intimamente relacionados. A conexão entre conhecimento e poder social se torna evidente na medida em que a produção e o uso do conhecimento são dependentes da ativa elaboração dele próprio em uma rede, em condições sociais específicas, e de que o controle dessas condições e circunstâncias exigem poder social (Adolf & Stehr, 2017; Stehr, 2018). Assim, conhecimento e poder se relacionam, mas não são a mesma coisa.

Para a TSC conhecimento é capacidade de ação, o que não significa que necessariamente seja performativo: o detentor do conhecimento precisa de meio e instrumento específicos e do comando da situação para poder agir. Dessa forma, o conhecimento depende sempre de algum nível de poder ou autoridade para ser transformado de capacidade de ação em ação propriamente dita (Adolf & Stehr, 2017).

Por outro lado, os atores podem ter autoridade, poder e acesso aos recursos necessários, mas sem o conhecimento, podem não ter a capacidade de agir necessária. O conhecimento então constitui uma base para o poder. Em especial o conhecimento adicional, pois representa avanço em relação aos outros (concorrentes, inimigos, etc). Na sociedade

<sup>32</sup> A exemplo, os atributos da competência de proteção a desastres pode ser diferentes para indivíduos que, devido a sua cor ou etnia, precisam mobilizar mais ou menos competências para garantir os mesmos direitos. Uma pessoa preta em uma sociedade estruturalmente racista precisa ter, em adicional, a competência para evitar e se proteger da violência policial, enquanto uma pessoa branca de mesmas condições econômicas pode não precisar. Similarmente, uma mulher pode precisar mobilizar mais conhecimento, em relação a um homem, para conquistar uma mesma vaga de emprego.

moderna, o tempo de decaimento do conhecimento adicional é pequeno, o que o faz perder sua influência rapidamente. Não basta então apenas possui-lo, é preciso continuamente produzi-lo. O poder social está relacionado ao domínio na produção, acesso e uso do conhecimento de interesse social – principalmente o conhecimento adicional –, bem como ao conhecimento para a mudança, preservação e perpetuação de grupos políticos nas posições de poder (Adolf & Stehr, 2017).

Ainda assim, o poder não é dependente do conhecimento. Outras formas de poder, como força física, econômica, militar, de meios de produção e religiosa, permanecem sendo formas de autoridade e poder. A identificação do conhecimento como fonte de autoridade só é possível ao se considerar as disputas políticas e de poder que também influenciam na produção do conhecimento. Assim, aqueles que reivindicam o que é verdade, que reivindicam conhecimento, reivindicam poder (Adolf & Stehr, 2017; Stehr, 2018).

Ao debater sobre poder, Stehr dialoga diretamente com as perspectivas de Michel Foucault. Foucault, filósofo e historiador francês, se arriscou a escrever sobre assuntos marginalizados pela elite intelectual de sua época: a loucura, a sexualidade, o corpo, a anormalidade, o criminoso e o invisível. Ao olhar para o que foi jogado as margens, Foucault olhou para os limites fronteiros que desenham a sociedade. Se destacou, entre outros motivos, por descrever as relações de poder, não como uma força má proveniente unicamente do Estado (uma autoridade suprema), mas como contínuas forças emancipatórias distribuídas pelos indivíduos e objetos (Abulquerque Júnior et al., 2008).

Para Foucault, toda zona de exercício de poder é um espaço de criação de conhecimento. Em outras palavras, aqueles que produzem o conhecimento são aqueles dotados de poder. Por isso, todo saber é político e nunca pode ser neutro. Se o conhecimento se origina dos espaços de poder, também é o conhecimento que sustenta a prática do poder (R.

Machado, 2004). Assim, apesar de não aparecer como tema central de sua pesquisa, o conhecimento surge em Foucault como tema relevante dado a sua íntima relação com poder.

Conhecimento, para Foucault, é uma entidade unicamente social, pois se origina e forma o discurso. Não é, de forma alguma, uma correspondência da verdade objetiva. Neste sentido, o conhecimento serve intensamente para a perpetuação no poder daqueles que o usam e produzem e a verdade é um instrumento de execução do poder (Adolf & Stehr, 2017).

Adolf e Stehr (2017) apontam que é possível interpretar das obras *O nascimento da clínica*<sup>33</sup> e *Vigiar e punir*<sup>34</sup> que conhecimento e poder são entidades siamesas, que não podem ser separadas: não há como exercer uma sem a outra. Esta aproximação levou, segundo os autores, a crença geral de que, para Foucault, *conhecimento é poder*. Mostram, porém, que esta ideia não condiz com sua teoria pois, como afirma o próprio Foucault, o fato dele buscar defini-los e de estudar sua relação é, em si, uma prova de que ambos não são a mesma entidade (Foucault, 1988 apud Adolf & Stehr, 2017). Sua relação íntima e conceitual não deve levar à conclusão de que são a mesma entidade. São entidades diferentes que se complementam e se alimentam.

No evoluir de seus conceitos, Foucault atribui o conceito de dominação à repressão unidirecional e às formas rígidas de poder. Assim, o poder pode ser apresentado dentro de sua ambiguidade como uma “força criativa que permite que os sujeitos ajam uns sobre os outros em relações flexíveis” (Adolf & Stehr, 2017, p. 60), independente dessa ação ser opressiva ou não. O poder é capaz de atuar em qualquer lugar, inclusive de dentro de indivíduos, embutida em suas ações e atividades, seus discursos, aprendizagem e cotidiano (Foucault, 1980 apud Adolf & Stehr, 2017). Como explicita Foucault,

“Eu não vejo onde o mal está na prática de alguém que, em um dado jogo de verdade, sabe mais do que outro, diz a ele, comunica habilidades para ele. O problema é saber como evitar nessas práticas – onde não pode jogar e onde

---

33 *Naissance de la clinique: une archéologie du regard médical*, 1963, por Michel Foucault, publicado por Presses Universitaires de France.

34 *Surveiller et punir: Naissance de la prison*, 1975, Michel Foucault, publicado por Éditions Gallimard.



não é em si – os efeitos da dominação”(Foucault, 1984, p. 128 apud Adolf & Stehr, 2017).

Dessa forma o poder pode ser emancipatório em alguns contextos, mesmo que sua ação molde sujeitos e subjetividades.

A relação conceitual entre poder e conhecimento de Foucault se firma no fato de que “a força produtiva do poder se baseia no conhecimento” (Adolf & Stehr, 2017, p. 62), no sentido também de que conhecimento transfere capacidades. Em outro sentido, o conhecimento flui do poder, a medida que aqueles com poder o tem não por ter acesso a um conhecimento privilegiado sobre a verdade objetiva, mas porque “aqueles que têm a capacidade de reivindicar o que é verdade (conhecimento), tem uma reivindicação de poder” (Adolf & Stehr, 2017, p. 63). Portanto, conhecimento e poder são entidades diferentes, mas que, entrelaçadas, criam uma a outra. Por esses motivos, Adolf e Stehr (2017) sugerem que, para além das contribuições na filosofia e na história, Foucault foi também um proponente da sociologia do conhecimento.

### **3.1.6 Conhecimento científico: público ou privado**

A capacidade de agir da sociedade civil está no âmago da democracia e, em consequência, a distribuição do conhecimento na sociedade civil exerce função essencial para o funcionamento dos processos democráticos (Stehr, 2008). Segundo a TSC, “a evolução das sociedades modernas em sociedades do conhecimento conduz à democratização e à negociação das asserções do conhecimento” (Stehr, 2008, p. 231). No entanto, o crescente volume de informações e a complexidade dos novos conhecimentos científicos causa um alargamento da distância entre o público leigo e aqueles que participam ativamente da produção de conhecimento – os especialistas e cientistas. A exclusão de parte da população da participação nesses processos e do seu acesso ao conhecimento científico tem consequências graves para a democracia (Stehr, 2008).

Apesar de nas sociedades do conhecimento o domínio sobre o conhecimento deixar de ser monopólio dos especialistas e cientistas e passar a ser mais distribuída e compartilhada – promovendo uma democracia mais participativa (Stehr, 2008) –, “o exercício da cidadania hoje requer um nível cada vez maior de letramento científico” (Stehr, 2008, p. 226) que dificulta a reflexão pública quanto as transformações sociais e culturais da sua própria realidade promovidas pelas novas capacidades de agir (Stehr, 2008). A popularização do acesso à internet promoveu a ilusão de que o conhecimento é igualmente produzido; que é disponibilizado democraticamente; e que todo o conhecimento representa um benefício para a sociedade. Contudo, o desenvolvimento de conhecimento é desigual e depende de várias condições epistemológicas, indicadores sociais, ambições humanas, necessidades e desejos (Adolf & Stehr, 2017). Nesse contexto, as inovações científicas e tecnológicas são avaliadas conforme as preferências, moral, crenças e visões de mundo do público em geral. As pessoas leigas não devem ser vistas como ingênuas e resistentes, mas incertas e prudentes em relação às novas informações e conhecimentos<sup>35</sup>. As controvérsias da ciência e sua regulamentação – exercida pelas instituições sociais – estimulou a desconfiança e cautela da sociedade diante das novas capacidades de agir (Stehr, 2008).

A distância cognitiva entre o conhecimento científico e o conhecimento comum do público em geral apresenta vantagens e desvantagens. A distância concede considerável autonomia intelectual à ciência, que se converte em retornos positivos para o Estado e outras agências sociais, mas que pode levar a uma estagnação do seu desenvolvimento (Stehr, 2008). Em relações a questões de políticas públicas e em organizações civis, a ciência perde sua efetividade imediata e ganha tons de autoritária. Ao contrário de outros bens, como água e alimento, não é possível dar conhecimento; aprender necessita o envolvimento pessoal. Numa

---

35 Pode-se pensar que uma pessoa qualquer, ao receber uma matéria de um jornal, vai ser incerta e prudente em relação a esse conteúdo quando ele se distancia do que ela própria entende como verdade; enquanto, por outro lado, não será incerta e prudente caso esse conteúdo não seja novo em relação às concepções que ela carrega consigo. Nesse sentido, as pessoas são incertas e prudentes com a ciência quando ela apresenta uma descrição do mundo que é novo para elas; mas podem não ser incertas e prudentes com conteúdos que chegam a elas, mas que, apesar de inéditos, não se distanciam das suas concepções.

sociedade do conhecimento, esta característica propicia a formação de uma aristocracia intangível, uma elite de especialistas dotados do conhecimento científico que – associado a outras condições sociais – lhes confere poder e autoridade (Adolf & Stehr, 2017).

Segundo a TSC, “As fronteiras entre *expertise* e saber cotidiano são muito menos delimitadas e muito mais robustas” (Stehr, 2008, p. 232). São menos delimitadas, pois, com o maior acesso ao conhecimento, os conhecimentos científicos e cotidianos se misturam e se mesclam; mas são mais robustas, pois a grande complexidade e volume do conhecimento científico dificultam que o cidadão comum transponha as barreiras para acesso e compreensão da ciência. Por esses motivos, a percepção da população leiga em relação ao conhecimento científico se aproxima de outras práticas sociais, perdendo sua imagem de conhecimento único e *incontestável* construída durante o período iluminista (Stehr, 2008). Somado a isso, o crescente descrédito e desconfiança da sociedade civil em relação à ciência, em contraposição à crescente reivindicação da comunidade científica de que as decisões políticas sejam feitas baseadas no conhecimento científico, acentua a tensão entre especialistas e sociedade civil no debate público acerca das novas capacidades de ação. Como efeito, há um aumento na crença de que a população civil deve ter maior participação na ciência (Adolf & Stehr, 2017).

Para a TSC, cientistas, especialistas e público leigo deveriam participar de um diálogo amplo, no qual a prática científica e a negociação democrática fazem parte de um mesmo empreendimento. Como nos casos do ativismo contra as mudanças climáticas e AIDS, a associação entre especialistas, cientistas e público leigos geram processos sociais nos quais a ciência engaja instituições e organizações sociais, mas também se apoia nelas (Stehr, 2008).

Além do distanciamento da população leiga da produção de conhecimento científico, as questões sobre a relação entre conhecimento científico e democracia incluem a contestação da ideia de que conhecimento é uma propriedade – ainda que em uma sociedade do conhecimento. Se por um lado defende-se que o conhecimento deve ser tratado como uma

propriedade para que a inovação ocorra, dando aos seus autores os devidos direitos, por outro lado se defende que a base do conhecimento é o próprio conhecimento, de forma que esse não pode ser mantido em segredo. O fato do estoque geral de saber – o conhecimento distribuído responsável por um considerável aumento da capacidade de ação das pessoas – constituir um bem público, dificulta a defesa de que o conhecimento adicional produzido a partir desse estoque pode ser tratado como uma propriedade que se converte em lucro (Stehr, 2008).

O crescente engajamento político da sociedade civil, sua influência no debate público e nas decisões públicas em temas como mudança climática, aborto, transgênicos, etc., evidencia que as sociedades modernas não se encaminharam para uma tecnocracia, como previsto por alguns teóricos. Uma tecnocracia é uma sociedade na qual as instituições sociais seriam governadas por técnicos, especialistas, em vez de autoridades e administradores. Nelas, as burocracias seriam conduzidas por um padrão exclusivo de eficiência, sem nenhuma influência da sociedade civil. Para a TSC, o principal argumento que desmistifica a tecnocracia é a realidade social em si; é o simples fato de que as atuais sociedades modernas não são tecnocracias. Atualmente, as decisões cruciais são resolvidas mais segundo os fins competitivos da ação social do que sobre os meios técnicos (Adolf & Stehr, 2017; Stehr, 2018).

As decisões não são feitas baseadas em critérios nem objetivos técnicos de eficiência, ou para a resolução de problemas gerais identificados pela ciência; as decisões são baseadas em interesses econômicos e competitivos, para os quais os meios técnicos científicos podem ser mobilizados. Apesar de, como apontado inicialmente, o bloco GAFAM ter domínio sobre as tecnologias de comunicação e informação a nível global, as decisões de governos, e também dessas corporações, não são decisões baseadas na técnica, ou na ciência, são decisões motivadas por interesses econômicos e políticos. Sofrem, por isso, influência da sociedade

civil quando essa se mobiliza no combate a algum tema, bem como de interesses políticos e econômicos.

Segundo a TSC, não poderia ser diferente, pois os poderes dos especialistas e técnicos é autodestrutivo. O poder de um especialista está apenas na linha de frente do progresso. Assim que sua área é coberta, assim que suas descobertas e inovações podem ser transformadas em regras, programas ou tecnologias, seu poder desaparece. Por isso seu poder é frágil e está constantemente se deslocando para o próximo especialista. Enquanto as tecnocracias assumem que as controvérsias científicas e que a contestabilidade do conhecimento científico não influencia nem enfraquece a autoridade concedida aos especialistas, a atual realidade social tem mostrado o contrário: os escândalos sobre aditivos na comida e agrotóxicos, por exemplo, diminuem a credibilidade dos especialistas (Adolf & Stehr, 2017).

### **3.1.7 Instituições, coletivos e indivíduos**

Stehr analisa que nas sociedades do conhecimento as grandes instituições sociais que antes eram dominantes – ligadas ao Estado, à economia e à ciência –, responsáveis por moldar o século XX, perderam significativamente seu poder de facilmente imporem suas vontades e comandar a sociedade. Ao mesmo tempo que os indivíduos e pequenos grupos da sociedade civil se tornaram capazes, dentro de algumas regras, de assegurar seus interesses através da oposição ou resistência a essas grandes instituições sociais. Com mais direitos políticos, esses grupos conquistaram o direito de dizer não, mesmo quando não alcançam seus objetivos, ou, ainda, pela possibilidade de negá-los. A expansão das capacidades de ação do indivíduo, mesmo que restrita, o torna capaz de escolher seus próprios interesses e se opor ou resistir às instituições sociais. Por exemplo, uma pessoa, ao fazer um “gato” luz - ligar, de forma ilegal, a rede de eletricidade de sua casa à rede externa –, usa da sua capacidade de ação para se opor

as regras e leis do Estado, favorecendo suas próprias necessidades imediatas. O melhoramento das condições de não-participação e negação de atividades políticas, bem como com a diminuição do senso de responsabilidade individual (Stehr, 2018).

O desenvolvimento destas características é visto por Stehr como complementares. A medida que os pequenos atores aumentam suas forças de ação, os grandes se paralisam. Assim, as grandes instituições sociais - como bancos, Estados, instituições religiosas e científicas - perdem legitimidade e autoridade. Como consequência, há uma crise no domínio (“*mastering*”), planejamento e gestão de problemas comuns, o que torna a sociedade mais frágil e vulnerável. Isso não significa, porém, que as sociedades do conhecimento são estáticas. Pelo contrário, há uma expansão nas formas de conduta, formas de vida, formas de interação social e canais de comunicação (Stehr, 2018).

Uma maior difusão do conhecimento – mesmo que desigual – permite que segmentos da sociedade possam se opor a configurações de poder e assegurar seus interesses. Ao considerar o conhecimento como uma capacidade de ação, se compreende que a sociedade do conhecimento é fruto da ação humana, não de um planejamento. Ou seja, que ela não é consequência de um planejamento feito por pessoas que representam e respondem a interesses das grandes instituições, e sim um resultado de tensões entre elas e diferentes segmentos da sociedade. O trabalho informal, a corrupção e a impunidade são exemplos de como grandes instituições sociais perderam seu poder de domínio e imposição sobre indivíduos e grupos. Neste sentido, o poder que as grandes instituições perdem é o de completo controle da sociedade; permanecem, porém, tendo poder, principalmente quando são polos de concentração das capacidades de ação (Adolf & Stehr, 2017).

A sociedade se torna vulnerável a medida em que suas grandes instituições têm um funcionamento dependente de tecnologias complexas. As infraestruturas modernas que sustentam as atividades das instituições e que garantem a rotina e ordem da sociedade estão

sujeitas a serem drasticamente afetadas pela ação humana e por desastres naturais extremos. A dependência de energia, *internet* e sistemas computacionais complexos torna a sociedade vulnerável a imprevistos catastróficos.

Outro fator de vulnerabilidade destas instituições é o fato de que grandes e pequenos grupos de indivíduos estão determinados a negá-las. A expansão das capacidades de ação do indivíduo, mesmo que restrita, o torna capaz de escolher seus próprios interesses e se opor ou resistir às instituições sociais. Por exemplo, uma pessoa, ao fazer um “gato” luz - ligar, de forma ilegal, a rede de eletricidade de sua casa à rede externa –, usa da sua capacidade de ação para se opor as regras e leis do Estado, favorecendo suas próprias necessidades imediatas. O melhoramento das condições dos indivíduos e a difusão do conhecimento legitimam as práticas culturais e permitem que uma maior parcela da sociedade se oponha às configurações de poder (Stehr, 2018).

A essa vulnerabilidade e fragilidade Stehr acrescenta a visão de Rochlin ( Rochlin, 1997 apud Stehr, 2018): a dependência das instituições e indivíduos de sistemas aos quais eles não tem acesso ao conhecimento base e a perda do conhecimento das habilidades associadas às tarefas substituídas por esses sistemas pode ser catastrófica em caso de crise. A complexificação das tarefas pode chegar a tal nível que o ser humano não tenha a capacidade de lidar com as consequências, intencionais ou não, em casos de crise.

### **3.1.8 Aspectos cognitivos do conhecimento**

O conceito de conhecimento proposto é um conceito sociológico, não há um aprofundamento na discussão dos aspectos cognitivos do conhecimento, de forma que os atributos psicológicos e sociais do conhecimento não são articulados. Os processos cognitivos de aprendizagem e descoberta são, portanto, tratados como caixas-pretas por essa teoria. Também não é discutido a relação entre o conhecimento individual e o conhecimento

coletivo, apesar das consequências do aumento da capacidade de ação de indivíduos e movimentos sociais ser apresentada como uma das principais consequências das sociedades do conhecimento modernas. Porém, em seus escritos é possível identificar sugestões e citações que indicam as teorias nas quais os autores se basearam.

Para eles o conhecimento pode ser tratado, como apresentado por John Dewey (1948), como uma transação, “uma entidade coletiva que não existe separada da participação humana” (Adolf & Stehr, 2017, p. 12). Para Dewey, não há como separar, por exemplo, a ciência da prática humana; a ciência não é uma atividade puramente mental, pois sua existência depende também dos aparatos tecnológicos disponíveis e da ação do ser humano sobre eles. Similarmente, o conhecimento associado ao senso comum existe das trocas entre indivíduos de uma mesma comunidade, e de suas interações com o ambiente<sup>36</sup>. Fundamentalmente, a produção de conhecimento está associada a transação entre humanos e entre humanos e não-humanos, de forma que as diferentes formas de conhecimento podem ser distinguidas segundo o tipo de participação envolvido (Dewey, 1948).

A aquisição do conhecimento ocorre como descrito por Kathleen Carley (Adolf & Stehr, 2017, p. 29), segundo as teorias construtivistas da aprendizagem. Nessa perspectiva, a estrutura cognitiva individual e o mundo social se refletem e continuamente se afetam e alteram. Nessa abordagem os indivíduos são modelados como nós conectados por uma rede de vínculos, e o mundo social é modelado como o resultado holístico dos padrões da rede de indivíduos. Assim, conforme os indivíduos interagem, eles e o mundo social se modificam. Portanto, a estrutura cognitiva e o mundo social são subprodutos das interações sociais (Carley, 1986).

A aquisição de conhecimento ocorre no realizar de diferentes tarefas, seja a partir de descobertas individuais, seja via comunicação, mas depende também da base de

---

<sup>36</sup> Para Dewey o ambiente não se resume as características físicas que cercam o sujeito, incluem também a cultura em que está imerso. Nesse sentido o ambiente é o meio no qual a prática ocorre, onde as trocas são realizadas (Dewey, 1948).



conhecimento do indivíduo. Em outras palavras, a aquisição depende do contexto do indivíduo, de sua história, sua posição social e de suas interações sociais prévias (Carley, 1986).

O conhecimento social é o conhecimento compartilhado, envolvido em um consenso tácito, por um grupo de pessoas. Quanto maior a interação entre os indivíduos, maior as chances de compartilharem a mesma base de conhecimento. Com a consequente validação social dessa base, o conhecimento passa a ser um conhecimento social e mais similares serão as estruturas cognitivas individuais. Portanto, o conhecimento social pode ser entendido como uma estrutura cognitiva compartilhada, e é também um subproduto das interações humanas.

Como resume Carley,

“A interação leva à comunicação e, conseqüentemente, à aquisição de conhecimento. O desenvolvimento cognitivo, a aquisição de conhecimento no nível individual, é o resultado direto, talvez até subproduto da interação social. Como a interação faz parte da vida quotidiana, as estruturas cognitivas do indivíduo são continuamente construídas e atualizadas. O co-desenvolvimento das bases de conhecimento do indivíduo produz conhecimento social. O conhecimento compartilhado, o conhecimento social, altera as propensões dos indivíduos para interagir. E as propensões dos indivíduos a interagir se desenvolvem reflexivamente com a estrutura social” (Carley, 1986, p. 431)

Desse aprofundamento, pode-se entender que o conceito de conhecimento proposto considera as dimensões cognitivas do conhecer a medida em que elas fazem uma interface com os aspectos sociológicos do conhecimento. A capacidade de ação é individual, mas também coletiva a medida que as interações sociais dos indivíduos tem o potencial de modificar o conhecimento social de suas redes.

### **3.1.9 Reflexões e ponderações da TSC<sup>37</sup>**

Uma das grandes contribuições da TSC está na relação entre conhecimento e desigualdades sociais. Apesar de não ser inovadora em si, a caracterização dos tipos de

<sup>37</sup> Parte dessas discussões e reflexões, bem como as da seção seguinte, foram apresentadas no artigo “Educação em Ciências na Perspectiva da Teoria da Sociedade do Conhecimento de Nico Stehr”, aceito para publicação na Revista Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciências (Freitas et al., no prelo-a).

competências sociais que estratificam os indivíduos define mais claramente os tipos de capacidade de ação necessários para a superação de situações de vulnerabilidade social e econômica, e também para oportunizar que o indivíduo possa se emancipar das estruturas de dominação. Estando sujeitas a outras formas de opressão e exploração, não se acredita que o aumento das competências sociais, por si, são o suficiente para que se alcance a justiça social. Porém, entende-se que a ampliação desses conhecimentos instrumentalizam o indivíduo para que ele fique menos vulnerável e tenha mais controle e domínio sobre suas oportunidades de vida.

Dentre as limitações da TSC, está a ausência de aprofundamento sobre como, na estruturação das desigualdades sociais, o conhecimento se relaciona com as tradicionais e antigas formas de hierarquização do poder (políticas e econômicas) e características imputadas aos indivíduos. Apesar de apontar que esses fatores têm influências sobre as desigualdades, Stehr não se dedica a explicar como eles se relacionam com o conhecimento. Alguns questionamentos que tal ausência provoca são: qual a influência desses fatores nas desigualdades sociais? Como se relacionam com a “distribuição” de competências sociais? Como afetam as possibilidades de transformar as capacidades em ação?

Stehr busca criar um diálogo com a teoria dos capitais de Bourdieu, e, apesar de apontar pertinentes críticas a ela, não indica como a TSC as supera. Em analogia ao capital cultural e ao social, a TSC não aborda como o diferente acesso ao desenvolvimento de competências sociais específicas adquirido por herança familiar - seja em espaços de educação formal ou por meio da convivência informal com grupos determinados - pode afetar as desigualdades sociais. Tampouco a TSC detalha como o impedimento da ação pode invalidar as competências sociais desenvolvidas por um indivíduo, por exemplo, pela falta de títulos e certificados educacionais, ou pela posição de trabalho, ou ainda por características de gênero, orientação sexual, raça, etnia, deficiências cognitivas ou físicas, entre outras. Apesar

de apontar como se relacionam com as competências sociais e com as desigualdades sociais, e qual a importância desses fatores, deixa em aberto questões que precisam ser mais bem trabalhadas para que não perpetuem formas de pensar que invisibilizam fatores que sustentam, e são sustentados, pelas desigualdades sociais. A exemplo, o questionamento levantado por Lélia Gonzales quanto a teorias que invisibilizam o racismo se faz também pertinente à TSC: “[...] até que ponto essas correntes, ao reduzirem a questão do negro a uma questão socioeconômica, não evitariam assumir o seu papel de agentes do racismo disfarçado que cimenta nossas relações sociais?” (González, 2018, p. 69).

Pelo exposto, desenvolvimentos futuros quanto ao uso da TSC para pesquisas em ensino se fazem necessários para que essas não retrocedam no combate à sistemática perpetuação da dominação e exploração reproduzidas culturalmente e institucionalmente.

Apesar de apresentar análises que apontam para um maior acúmulo de riqueza pessoal e familiar, e do estabelecimento de um pacote de direitos de cidadania e bem-estar social garantidos ao indivíduo, tais trabalhos estão centrado na realidade de países do oeste europeu e do norte da América do Norte (Stehr, 2018). Negligenciam, portanto, especificidades de países com distintos perfis sociais e econômicos que, se considerados, podem alterar o peso do conhecimento nas estruturas das desigualdades sociais. Numa análise contemporânea das consequências da era do conhecimento no Brasil, destacam-se reflexões centradas no papel do acesso e da difusão da informação, do conhecimento científico e das tecnologias no desenvolvimento, na sociedade, na economia e na política do país; destaca-se também a discussão crítica quanto às consequências da globalização em países periféricos, principalmente quanto à não globalização da geração e difusão de ciência, tecnologia e inovação (e.g. Alves & Baumgarten, 2019; Maciel & Albagli, 2011). Uma aplicação local e propositiva da TSC em países do Sul Global requer sua articulação com análises contemporâneas e locais, tais como as mencionadas nesse parágrafo.

Ainda assim, a TSC se mostra potente para a análise de fenômenos, incluindo no Brasil, centrados no conhecimento, como, por exemplo, a proliferação de notícias falsas. A era da pós-verdade – em que a desinformação foi potencializada – tem sido assunto de destaque na última década, em especial após as eleições presidenciais dos Estados Unidos da América (EUA) e do Brasil, marcadas pela difusão de notícias falsas (Träsel et al., 2019). Em consonância, a TSC apresenta a capacidade de negar as instituições – e suas “verdades” – e a diminuição do senso de responsabilidade individual, frutos da possibilidade da não-participação e do não-comprometimento, como características das sociedades modernas. Sem credibilidade, publicações de instituições de jornalismo e de ciências – tradicionalmente acreditadas como comprometidas com a descrição de fatos – passam a ter o mesmo peso que opiniões individuais e conteúdos fabricados. Pode-se pensar que a negação das instituições poderia aumentar a responsabilização individual, já que - ao não seguir ou creditar nenhuma instituição - o indivíduo passaria a ser o responsável por suas decisões. Contudo, o não-comprometimento possibilita a exteriorização da responsabilidade.

A crise política vivida no Brasil em 2020 pode também ser lida pelas lentes da TSC. A negação das instituições é uma das principais características do presidente da república: um indivíduo que diz não à ciência, à democracia, ao judiciário, à mídia; exerce o direito a dizer não a qualquer oposição (e.g. Betim, 2019; Tollefson, 2019). A negação pode ser vista também nos recentes levantes antirracistas (e.g. Jiménez & Alessi, 2020; Simões, 2020), que apesar de não serem novos, ganham maior aceitação na negação coletiva de instituições como a polícia, e também de todo sistema judiciário e da mídia – apesar de negarem aspectos distintos dos do Presidente. Segundo a TSC, esses fatores levam à crise na gestão de problemas comuns e a perda de autoridade das instituições, evidenciados no Brasil pelas dificuldades que os sucessivos ministros da saúde e governadores dos estados têm tido em gerir a crise sanitária promovida pelo surto da COVID-19 (e.g. Junqueira & Machida, 2020;

Olavo Soares, 2020), seja pela dificuldade de conduzir a população em geral a seguir suas orientações, seja nas tensões e divergências internas.

A leitura da TSC apresentada levanta ainda alguns questionamentos que merecem ser desenvolvidos. Dentre eles, a posição de vantagem de cientistas e engenheiros como detentores do conhecimento científico-tecnológico. Apesar desse conhecimento não ter valor de superioridade intrínseco, tem um valor econômico e político superior decorrentes da sua importância nesses campos. A vantagem competitiva que representa, em especial quando é incremental, concede àqueles que o dominam uma posição de vantagem. Não se pode pensar que o poder adquirido com essas vantagens é compulsório e absoluto; depende de outras condições que variam desde individuais até sociais, de maneira que não garantem maior acúmulo de poder político e social do que outros setores da sociedade, nem de capital econômico. Tal afirmação deve ser entendida apenas como um indicativo de que cientistas e engenheiros são os detentores de um bem (conhecimento) de alto valor econômico nas sociedades do conhecimento.

A ciência e a engenharia variam desde as áreas mais abstratas e teóricas, até concretas e práticas; da mesma forma, ambas podem variar desde aplicações mais tradicionais, como a Engenharia Civil, até aplicações mais modernas, como a Engenharia Física. Não há, portanto, uma relação fixa entre ciência e engenharia e conhecimentos escassos, apesar de ser evidente que essas formações estão associadas a eles. No Brasil, essa distinção ganha relevância em decorrência do menor desenvolvimento científico e tecnológico, se comparado a país do Norte Global. De tal forma que é preciso maior aprofundamento na pesquisa e discussão para compreender em que medida os conhecimentos dos cientistas e engenheiros no país representam vantagens.

Há também que se considerar como as leis de propriedade intelectual podem limitar o poder e autonomia deles. Corporações e indústrias se utilizam desses mecanismos para

dominar os conhecimentos acerca das tecnologias que desenvolvem. Apesar de serem os engenheiros e cientistas aqueles com a capacidade de agir, são as instituições quem têm o poder legal para controlar a ação (associadas as suas propriedades intelectuais). Há então uma tensão entre esses dois elementos que, por um lado, reduzem o poder de ação dos profissionais, e por outro, os mantêm em posições de vantagem relativas entre si e em relação a outras profissões. Tal reflexão põem em questão a real vantagem que esses profissionais têm como indivíduos.

O reconhecimento do protagonismo do conhecimento leva a ponderação da importância dos recursos materiais como recursos produtivos. A TSC não defende, em nenhum momento, que a relevância política e econômica desses recursos possa ser desconsiderada, de maneira que se mantém sendo fonte tanto de crescimento econômico como de conflitos. A exemplo, diversas guerras pelo domínio de matérias-primas, em especial o petróleo, eclodiram nas últimas décadas, evidenciando sua importância econômica e política<sup>38</sup>. A aparente ausência de conflitos por “recursos de conhecimento” pode ser entendida como uma consequência das peculiares características do conhecimento – como sua impossibilidade de ser transferido e apropriado “à força”, ou por decreto –, que fazem com que embates armados não sejam meios eficientes de o “saquear”. Esses fatores exigem a adaptação das estratégias de guerra. Por exemplo, o domínio da região do Vale do Silício (EUA) não significaria um domínio sobre o desenvolvimento de altas tecnologias de eletrônica e informática; já o domínio sobre Cristalina (GO), onde se encontra uma grande mina de silício do Brasil, poderia resultar no domínio sobre a extração desse minério.

Um exemplo de adaptação das estratégias de guerra mencionada, relacionada com uma guerra política e comercial motivada pela escassez do conhecimento, pode ser

---

38 Uma breve descrição dos conflitos armados motivados pela disputa por petróleo pode ser encontrada na reportagem da BBC News, disponível em: [https://www.bbc.com/portuguese/noticias/2015/12/151203\\_conflitos\\_mundiais\\_petroleo\\_lgb\\_gch](https://www.bbc.com/portuguese/noticias/2015/12/151203_conflitos_mundiais_petroleo_lgb_gch). Acessado em Junho de 2020.

identificada no recente embate entre China e EUA sobre o domínio da tecnologia 5G (e.g. Muñoz & Mars, 2019; Passarinho, 2019). O aumento de tarifas de produtos importados da China e a suspensão do suporte da Google a celulares da Huawei é entendido como um ataque dos EUA à China, na tentativa de frear a disseminação da tecnologia, motivada, em especial, pelo receio das vantagens econômicas, bélicas e de espionagem que domínio chinês do 5G, em conjunção com a Inteligência Artificial (IA), poderiam agregar (Muñoz & Mars, 2019). Tanto a 5G quanto a IA podem ser entendidas, a luz da TSC, como conhecimentos incrementais que representam vantagens em diversas áreas para quem as domina. Guerras por conhecimentos escassos se apresentam também na dimensão jurídica, onde grandes corporações se utilizam das leis de propriedade intelectual para se apropriar de novos processos e ideias e impedir – ou enfraquecer – o surgimento de concorrentes e garantir vantagens competitivas.

Na introdução desta dissertação foram mencionadas consequências negativas da centralização das tecnologias digitais, em especial as Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC), por empresas transnacionais como as GAFAM; tal problemática será retomada no Capítulo 4. Tais perspectivas, baseadas principalmente nos textos de Parra e Abdo (2016) e Parra et al. (2018), centralizam no debate a contemporânea importância econômica, política e social das as tecnologias digitais e seus produtos – os dados e informações -, não o conhecimento. Apesar dessa diferença de foco, as abordagens não são, em primeira análise, contraditórias, pois a denúncia quanto ao domínio dessas tecnologias não contrapõe a importância econômica do conhecimento. Maior aprofundamento nessa associação se faz necessário para entender quais as consequências para as desigualdades sociais da massiva, e compulsória, dependência de TIC sob o monopólio global das GAFAM.

Na busca por críticas à TSC, foi possível identificar que as teorias de Sociedade do Conhecimento são criticadas de maneira genérica, ou seja, a noção de sociedade do

conhecimento não foi definida, nem foram apontados os autores que às propuserem, de maneira que não foi possível aplicá-las à TSC. Dentre as críticas, a mais elaborada é a de Newton Duarte (2013). Ainda assim, seus comentários abordam aspectos das teorias que não são encontrados na TSC. Por isso, não é possível construir um diálogo completo entre a TSC e suas críticas. Ainda assim, serão brevemente discutidos alguns de seus apontamentos para que melhor se entenda essa discrepância.

Duarte (2013) critica fortemente quaisquer teorias que descrevem as sociedades modernas como do conhecimento. Apesar de não apontar quais teorias, autores, ou organizações a que se refere, afirma que elas se baseiam em cinco ilusões. São elas: i. o conhecimento nunca esteve tão acessível e seu acesso foi amplamente democratizado; ii. a habilidade de mobilizar conhecimento é mais importante do que a aquisição de conhecimento teórico; iii. conhecimento é uma convenção cultural; iv. os conhecimentos têm o mesmo valor e não há hierarquia entre eles quanto ao seu poder explicativo da realidade natural e social; v. os grandes problemas da humanidade podem ser superados com a mudança de mentalidade de indivíduos e comunidades.

Ao contrário do que Duarte assume em i., a TSC engloba uma extensa discussão, já sintetizada neste trabalho, sobre as influências da não democratização e falta de acesso ao conhecimento nas desigualdades sociais. Apesar de associar a estruturação delas às competências sociais, não há na teoria qualquer indicação de que uma maior “distribuição” do conhecimento resolveria os problemas da humanidade, como indica a crítica v, mencionada acima. Tão pouco há uma defesa de que a educação deva voltar-se para a capacidade de mobilizar conhecimento em detrimento do conhecimento teórico, como indica ii.; não há na teoria nenhuma alegação de que as competências sociais não incluem, também, conhecimentos teóricos, ou mesmo científicos e tecnológicos.



Da mesma forma, a análise de iii. - de que o conhecimento não é a apropriação da realidade pelo pensamento, mas uma convenção social - não se aplica à TSC. Apesar de ser possível afirmar que, para Stehr, o conhecimento científico é uma convenção cultural, isso não significa afirmar que todo conhecimento precisa ser creditado como tal para ter seu valor de ação. Para a teoria, o conhecimento é capacidade de ação, e não depende que as informações e/ou habilidades mobilizadas reflitam alguma realidade particular, nem que sejam validadas.

Quanto à crítica iv., não há dúvidas de que, segundo a TSC, nenhum tipo de conhecimento tem alguma característica intrínseca a ele que o faça melhor do que os outros. Contudo, isso não decorre do fato de que todos tenham o mesmo poder explicativo da realidade; não há, na TSC, discussão aprofundada quanto a esse valor do conhecimento. Ao criticar a não hierarquização do conhecimento, Duarte critica a desvalorização do conhecimento científico e tecnológico. Enquanto a TSC, ao assumir apenas o valor econômico e político da ciência e da tecnologia, muda o foco da atenção da origem para os resultados: não importa como o conhecimento (no sentido de conteúdo e informação) foi produzido, importa se ele capacita a agir.

Nesse contexto, é importante destacar que ser capacidade de ação não significa ser prático. Ação, nesse sentido, inclui a dimensão concreta e teórica. Disso resulta que não é central na teoria a preocupação em relacionar o conhecimento com a realidade, pois seu valor está na capacidade de ação. Assim, mesmo que alguns conhecimentos não sejam resultados de uma apropriação da realidade pelo pensamento, são capazes de criá-la e transformá-la.

Por exemplo, uma notícia falsa sobre a eficácia de um remédio em curar uma doença, mesmo que seja instituída como verdade, não capacita ninguém a curar a doença. Porém, a mesma notícia pode capacitar ações no campo político e midiático, sendo, portanto, conhecimento. Ao afirmar que a aplicação do conhecimento não é óbvia nem direta, entende-

se que Stehr indica que a ação não necessariamente está diretamente associada ao conteúdo que o compõe. De maneira similar, o que faz da mitologia de um povo conhecimento não é a descrição da realidade, mas as capacidades de ação que representam, da agricultura até a política.

Evidente que a ampla aceitação de um “conhecimento” como verdade está sujeita a aspectos culturais, históricos, políticos e econômicos. Logo, há conteúdos que são classificados como “conhecimento” mas que, da perspectiva da TSC, são informação. A validade social dada ao conhecimento científico, portanto, não o faz mais ou menos explicativo, nem eficiente; mesmo que uma informação seja tida como verdadeira ela não será um conhecimento se não puder, tendo-se os meios necessários, ser mobilizada como ação. Não se pode ignorar, contudo, que sua aceitação como verdade influenciará na sua aplicabilidade, dado que sua mobilização enfrentará menos barreiras sociais e culturais. Como apresentado nos parágrafos anteriores, a teoria de Stehr se distancia das críticas de Duarte não por superá-las, mas por não serem compatíveis.

Adicionalmente, as peculiares características do conhecimento descritas na seção anterior, como sua intangibilidade, o valor econômico do conhecimento adicional, a escassez artificial dos conhecimentos e a estratificação social baseada nas competências sociais, subsidiam o questionamento quanto a privatização do conhecimento, ampliando as discussões quanto às implicações sociais de se tratar o conhecimento como uma propriedade. Essa visão possibilita que sejam aprofundados os debates sobre a liberdade do conhecimento, lideradas por movimentos de código aberto, como será aprofundado na seção 3.3.

### **3.1.10 O uso da TSC na pesquisa em educação CTS**

Dentre as abordagens para o estudo das relações entre a ciência, tecnologia e sociedade, destaca-se na educação a Abordagem CTS. Já descrita na seção 2.1, a educação

CTS tem como principal objetivo discutir uma educação crítica quanto as relações entre ciência, tecnologia e sociedade. Apesar de a presente dissertação não ter como referencial teórico obras de CTS, as produções da área foram usadas como balizas que demarcam os caminhos de pesquisa sobre as relações CTS na educação. Assim, com a intenção de situar a TSC dentro da área, nessa seção são discutidas algumas similaridades e discrepâncias entre ela e as abordagens CTS.

Apesar de indicar avanços nas discussões acerca das relações entre C&T com a sociedade, Strieder (2012) constata que há uma escassez de discussões atualizadas sobre a função social da ciência na área de educação CTS - possivelmente uma consequência da falta de referencial teórico sobre o assunto na educação (Strieder & Kawamura, 2017). Por isso, a articulação da TSC às pesquisas em educação têm a contribuir com a ampliação e atualização do debate sobre a função social da ciência.

A produção de Stehr, compreendida como parte da Sociologia do Conhecimento (Adolf & Stehr, 2017), pode ser entendida dentro dos estudos de CTS como o que Strieder (2012) chamou de “ciência do ponto de vista da produção social”. Essa linha favorece a investigação desde os aspectos sociais, econômicos, religiosos e culturais do conhecimento científico, aos aspectos conceituais, mas não foca na aplicação ou relação com a educação. Compõem também essa linha autores como Durkheim, Merton, Mannheim e Bourdieu (Strieder, 2012), todos igualmente referenciados e discutidos na TSC. Stehr dialoga com esses autores atualizando e aprofundando a discussão, tendo o conhecimento como variável central, analisando a relação do conhecimento científico e tecnológico com a sociedade, mas também com outras formas de conhecimento.

Na Educação CTS, a TSC pode contribuir com o aprofundamento de discussões já em andamento sobre a educação científica em sociedades com economia baseada no conhecimento. A exemplo, na Abordagem CTS Norte Americana, Aikenhead et al. (2011)

reexaminam a função, objetivos e práticas da alfabetização científica em países economicamente desenvolvidos, chamados de “Sociedades do Conhecimento”. A base na qual se apoiam (Gilbert, 2007 apud Aikenhead et al., 2011), contudo, aponta para uma concepção reduzida de sociedades do conhecimento. Apesar de explicitar a associação do conhecimento à ação, o reduz ao científico e tecnológico, ignorando a relevância, e a capacidade de ação, de outras formas de conhecimento nas tomadas de decisões políticas e sociais e na resolução de problemas cotidianos e profissionais. Também não explicita outros aspectos dessas sociedades, como as estruturas das desigualdades sociais e as relações entre indivíduos e instituições. Ao se considerar o valor econômico e democrático do conhecimento científico ignorando, com isso, que outras formas de conhecimento também são dinâmicas e influenciam nas desigualdades sociais, a TSC se apresenta como uma atualização das perspectivas primeiramente adotadas, aprofundando a análise da função social da ciência e da educação científica.

Quanto às sociedades do conhecimento, Núñez Jover (2000) se contrapõe à interpretação de que o conhecimento se sobrepõe às condições e circunstâncias sociais, eliminando desigualdades. Similarmente, a visão apresentada na TSC busca discutir as crescentes influências dos conhecimentos - não só o científico-tecnológico - nas desigualdades sociais, sem propor que sua “distribuição” levaria à igualdade de oportunidades. Pelo contrário, os autores discutem a impossibilidade de se “distribuir” conhecimento, como é feito com outros bens, e apresentam as competências sociais como capacidades de se proteger e evitar danos (a saúde, econômicos, aos bens materiais etc.) aos quais estão vulneráveis.

A Alfabetização Científico-Tecnológica, como discutida por Auler e Delizoicov (2001), deve buscar fomentar a formação de um sujeito emancipado e com uma leitura crítica do mundo. Para isso, é essencial que o ensino técnico-científico seja contextualizado e

problematizador, buscando uma compreensão das relações CTS. Da perspectiva da TSC, é possível também se questionar sobre quais as capacidades de ação se associam, e complementam, as experiências e saberes dos estudantes com objetivo de ampliar as habilidades cognitivas para interpretação da informação, mas também para propiciar a criação de conhecimento adicional. Em uma tentativa de associar os saberes locais com conhecimentos científico-tecnológicos, o conhecimento adicional produzido pode estar a serviço dos seus próprios produtores, considerando problemas e necessidades locais, bem como características do seu contexto de criação. Assim, pode-se pensar numa Alfabetização Científico-Tecnológica que não só emancipa o pensamento do sujeito, ao promover uma visão crítica do mundo, mas também o emancipa para a criação e modificação do mundo, tal como a educação hacker (Pretto, 2017).

A teoria também acrescenta ponderações importantes quanto à influência da ciência e da tecnologia na governança das sociedades atuais. Auler e Delizoicov (2001) previam, há quase 20 anos, que um ensino de ciências que não questionasse os mitos sobre a C&T conduziria a sociedade a uma tecnocracia. Porém, como argumenta Stehr, as sociedades do conhecimento não são tecnocracias (Stehr, 2018). A partir dessa divergência, levanto uma série de ponderações que podem ser investigados em estudos futuros, como, por exemplo: i. os mitos salvacionistas e da neutralidade da ciência ainda predominam no senso comum? ii. o ensino de C&T, por si só, é, ou foi capaz de perpetuar, ou de modificar, esses mitos? iii. qual a relação entre a deslegitimação da ciência, reforçada por figuras públicas como senadores e presidentes (e.g. Domínguez, 2016; Gortázar, 2019), que demonstra que as decisões políticas não são governadas por critérios técnicos e científicos, e a acrítica e massiva adoção de tecnologias modernas em instituições públicas (Parra et al., 2018)? Seria esse um estágio intermediário à tecnocracia, ou uma derivação dela?

Por fim, destaca-se que a TSC está alinhada com visões mais consensuais do CTS sobre o conhecimento científico e tecnológico, tais como a compreensão de que o desenvolvimento científico e tecnológico é um processo social, não é neutro, nem é sempre positivo, e seu desenvolvimento não conduz obrigatoriamente ao bem-estar social (Núñez Jover, 2000), mas sua apropriação pela população fortalece a democracia (Acevedo Díaz et al., 2003). Sua percepção sobre tecnologia se alinha a autores como Andrew Feenberg, numa visão que incorpora pressupostos instrumentalistas e substancialistas (Strieder, 2012).

Em uma primeira análise, a TSC se mostra compatível com pensamentos da Abordagem CTS, podendo, então, ser incorporada aos estudos da compreensão das relações entre os conhecimentos, em especial o científico e tecnológico, e a sociedade. A importância econômica e social do conhecimento é inegável tanto na TSC quanto no CTS, contudo a forma como se relaciona com outras formas de poder e com as desigualdades sociais é ainda um ponto de atrito que merece ser esclarecido.

A relação entre conhecimento e desigualdades sociais em si não é inovadora, porém a especificação dos tipos de competências sociais que estratificam os indivíduos define mais explicitamente os tipos de capacidades de ação necessárias para a superação de situações de vulnerabilidade social e econômica, e também para possibilitar a autonomia e emancipação do indivíduo das estruturas de dominação, como propõem Freire (1996). Assim, pesquisas e debates quanto aos caminhos que a educação deve seguir para promover a redução das desigualdades sociais e desenvolvimento da autonomia<sup>39</sup>, em especial o CTS brasileiro, podem se apoiar nessa teoria para identificar quais conteúdos e práticas ampliam as competências sociais dos indivíduos, em direção a uma educação científica crítica. Antes de aprofundar essa relação, será apresentada na próxima seção as ideias de Paulo Freire sobre a educação.

---

<sup>39</sup> Destaca-se que, apesar do importante papel da escola na redução desses fatores, apenas o seu trabalho não é o suficiente. É preciso também estar aliada a ações nas diversas áreas da vida em sociedade, promovendo o direito a uma vida digna.

## 3.2 Educação emancipatória de Paulo Freire

Paulo Freire, filósofo, pesquisador e professor brasileiro, defende em suas obras que a educação tem uma missão libertadora. Os vários nomes que deu a sua visão da educação (pedagogia do oprimido, educação problematizadora, crítica, pedagogia da pergunta, pedagogia da autonomia, etc.), entendidos no presente texto como educação emancipatória, exprimem sua defesa por uma educação que não seja cega às injustiças do mundo, nem se resume a um treinamento nas ideologias dominantes, e sim que seja uma pedagogia baseada no respeito e que leve ao engajamento na transformação do mundo. Não é, portanto, centrada no educador, nem no educando, nem nas ferramentas de ensino; seu eixo está firmado nas relações de respeito. Respeito ao educando, respeito ao educador, respeito aos saberes, respeito à curiosidade, respeito à autoridade, respeito à liberdade (Freire, 1974, 1996). Esta seção reúne algumas das principais ideias do autor apresentadas em suas obras mais citadas em trabalhos sobre ensino de física (Siqueira Rodrigues, 2017): a Pedagogia do Oprimido e a Pedagogia da Autonomia. Seu objetivo, contudo, não é cobrir toda sua teoria, e sim discutir os elementos dela que serão mobilizados nessa dissertação.

No contexto discutido nessa pesquisa, educação não se resume as práticas desenvolvidas dentro de espaços formais de educação, nem exclusivamente com fins pedagógicos. Compreende-se educação em seu sentido mais amplo, incluindo espaços e momentos de trocas em que se ensina e aprende, mesmo que não intencionalmente; sua teoria naturalmente expande a relação ensinar-aprender para além da sala de aula.

A fundação da educação, segundo Freire, é a consciência do ser inacabado. O reconhecimento de ser inacabado é o que torna as pessoas educáveis e o que as leva a uma busca constante, fazendo da educação um processo permanente e inconcluso. Ela deve se fundamentar em um equilíbrio coerente entre a ação e a reflexão. A prática sem a reflexão é

pura domesticação; no sentido contrário, a palavra sem a ação é doutrinação. Isso requer dos educadores e educadoras coerência entre seu discurso e sua prática, que é também entendido como respeito ao educando (Freire, 1974).

Na atualidade, a liberdade não é mais cerceada pela truculência de reis e imperadores, mas permanece sendo asfixiada. Segundo Freire, a padronização das maneiras de ser, sob a qual somos constantemente avaliados, produz uma domesticação alienante a qual ele chamou de burocratização da mente. Caracterizada pelo conformismo, esse processo leva a mentes acomodadas à crença de que os fatos são consumados, imutáveis, e que não há nada o que fazer para impedir seu curso. Não havendo espaço para a decisão humana, não há, portanto, como parar o trem do desenvolvimento, a dominação da globalização, nem mesmo a fome e a miséria. A educação, na sua missão crítica de libertação, deve promover a esperança crítica que quebre com os padrões burocráticos reforçados pela educação bancária. A educação bancária, tradicional, presume que os professores, entendidos como detentores da verdade, depositam nos estudantes, vazios, o conhecimento. Porém, ensinar não é transferir conhecimento - até mesmo porque isso não é possível. Ensinar é criar as possibilidades para a produção e construção do conhecimento; possibilidade materiais, e possibilidades intelectuais, promovendo uma curiosidade crítica – a que chamou de “epistemológica” (Freire, 1996).

Para o autor, refletir sobre a educação é refletir sobre o próprio ser humano. O ser inacabado e a esperança são próprios da natureza humana. Assim como toda a vida está em movimento, também as pessoas estão em constante mutação; são, portanto, inacabados. A esperança é também natural, pois, não se nasce desesperançoso, torna-se. Quando o indivíduo se compreende como inacabado, rompe com o fatalismo. O ser consciente de ser inacabado, não estando pronto, mas sempre esperançoso, sabe que pode ainda ser transformado, bem como intervir em sua realidade. As pessoas, ao se entenderem como seres humanos



inacabados, situados no mundo, compreendem também que podem, e por vezes devem, se transformar e transformar suas realidades (Freire, 1974).

Freire descreve também o que chamou de “situações-limite”, que servem como barreiras que limitam as ações das pessoas; limitam por serem analisadas de uma perspectiva fatalista e desesperançosa. Ao se pensar determinado, o indivíduo encara situações-limite como barreiras intransponíveis, contudo, ao se entender condicionado, vislumbra que pode superá-las em direção ao ser mais (Freire, 1974). Os temas geradores, base da metodologia de Freire, envolvem e são envolvidos por essas situações; por isso, ao identificá-las, torná-las visíveis e analisá-las de forma crítica e esperançosa é parte da educação emancipatória. A partir desse olhar, os educandos passam a reconhecer que é possível sua superação; percebem que as situações-limite não são fronteiras entre o ser e o nada, mas entre o ser e o ser mais; são, portanto, essenciais para sua humanização. Sem esse reconhecimento, não é possível superar essas barreiras: a consciência da situação de opressão é crucial para a emancipação.

O autor destaca ainda a diferença entre o ser condicionado e o ser determinado. Enquanto o último não tem noção de ser inacabado, o primeiro tem consciência do seu condicionamento biológico, histórico, cultural e social. O condicionado não se faz contraditório ao inacabado; são, na verdade, complementares. Ao se compreender condicionado, o indivíduo toma consciência do seu lugar no mundo; ao se compreender inacabado, toma consciência da possibilidade de transformação esperançosa (Freire, 1996).

A esperança se baseia na convicção de que a superação dessas situações-limite é possível, de que o futuro é um problema que pode ser “resolvido”, de que não está determinado. Ser radicalmente esperançoso não é uma ação passiva, nem se resume a adaptabilidade, é acreditar, sempre, que o mundo pode ser transformado. Ao compreender seu lugar no mundo, o indivíduo compreende as opressões a qual está sujeito, e os obstáculos (condições materiais, econômicas, sociais, políticas, culturais, ideológicas) impostos a ele. Ser

esperançoso é também saber que os obstáculos não são eternos, e que intervir no mundo é possível pois, como defende o autor “Sei que as coisas podem até piorar, mas sei também que é possível intervir para melhorá-las.” (Freire, 1996, p. 29), Mesmo que, por vezes, não seja capaz de impedir um acontecimento, ou fenômeno – como um terremoto -, o poder de intervir é gerador de novos conhecimentos que transcendem a adaptabilidade – como a ciência e engenharia associados aos terremotos (Freire, 1996).

Na educação emancipatória, a base de onde a educação parte é a curiosidade. A curiosidade fomenta a imaginação, intuição, emoção, questionamento. O educador deve fomentar a reflexão crítica sobre o que é dito, mas também sobre o que é perguntado e feito, equilibrando a necessidade de momentos explicativos e dissertativos. O respeito à curiosidade é parte de uma educação dialógica, e um direito de todos. A curiosidade só se sustenta no exercício da curiosidade do outro, nunca, na sua negação. Curiosidade, nesse sentido, não se refere a curiosidade quanto a vida alheia, a curiosidade não ética; é a curiosidade inquieta do saber o mundo. Necessário também se faz o respeito aos saberes anteriores, aqueles trazidos pelos estudantes da sua vivência comunitária (Freire, 1996).

A curiosidade, que nasce do ser inconcluso, é classificada por Freire em dois tipos: a ingênua e a epistemológica. A curiosidade ingênua decorre dos saberes da experiência, construídos na comunidade, e compõem o chamado senso comum. Já a curiosidade epistemológica é mais metodicamente rigorosa, mais crítica. A educação para autonomia tem como objetivo a transição da curiosidade ingênua para a epistemológica – o que não deve, em hipótese alguma, representar o menosprezo dos saberes ingênuos. Não há, portanto, uma comparação evolutiva, nem ruptura, entre os saberes. O que ocorre é a superação de uma postura ingênua em relação ao conhecimento para uma postura crítica. O incentivo a consciência crítica e capacidade criadora dos estudantes é essencial para se alcançar uma curiosidade também crítica e criadora, mas também insatisfeita, rebelde, indócil. A superação

da curiosidade ingênua requer a associação entre a realidade concreta dos educandos e os conteúdos curriculares da escola. Deve, portanto, considerar os saberes populares e práticos de educandos e educadores. Como exemplo, o autor discute como a vivência dos estudantes em áreas com baixo saneamento e alta poluição pode ser força motriz, entre outras coisas, para a reflexão quanto a própria organização urbana, e dos porquês não haver lixões nos centros urbanos e bairros nobres (Freire, 1996).

Para o autor, a capacidade de aprender não está relacionada à memorização, mas com a consciência do inacabamento que permite uma jornada criadora de reconstrução dos aprendizados anteriores. Ser capaz de aprender supera a capacidade de se adaptar; envolve também aprender a intervir na realidade, recriando-a. Em decorrência da capacidade de aprender está justamente o saber ensinar. Enquanto o educador ensina aprendendo, o educando aprende ensinando. A consciência do inacabamento, origem da curiosidade, é, portanto, fundamental à capacidade de aprender. Por isso, quanto mais educadores e educandos forem conscientes do seu inacabamento, abertos para a aventura da procura, exercendo seu papel de sujeitos ativos na busca, e não objetos passivos do ensino, melhor será o processo de ensino e aprendizado (Freire, 1996).

Na busca por uma educação que promova a autonomia, Freire aponta para a necessidade do equilíbrio na tensão entre autoridade-liberdade. A autoridade pode ser confundida com autoritarismo, assim como a liberdade com a licenciosidade. O papel de autoridade concedido a um professor lhe dá o dever de exercer determinadas ações, mas de forma alguma o concede o direito de faltar com a ética, ou seja, com autoritarismo. Aquele com a autoridade deve também lembrar-se de agir de forma coerente com seu discurso. Sem a ação coerente de respeito, um discurso sobre democracia e liberdade não é nada além de palavras vazias. Por outro lado, aqueles no papel de educadores e educadoras tem responsabilidade de defender a liberdade e conduzir o processo pedagógico a eles incumbidos.

Ignorar essa tarefa, em nome do receio do uso da autoridade, deixando decisões irresponsáveis sejam tratadas de forma leviana, justamente rompe com o objetivo central de defesa a liberdade (Freire, 1996).

É crucial que ambas, autoridade e liberdade, perpetuem um respeito mútuo e o respeito à vocação do indivíduo de ser mais, de crescer, se desenvolver. Somente na dialogicidade dessa tensão é que se pode alcançar um equilíbrio. Por vezes, a fim de manter a liberdade dos educandos de desfrutarem do ambiente pedagógico, é necessário que o professor faça uso da autoridade. Não deve, porém, recair em autoritarismo, quase sempre contraditório, em que o professor ignora a necessária dialogicidade do processo educativo. Como afirma o autor, “A liberdade amadurece no confronto com outras liberdades” (Freire, 1996, p. 66). É preciso, portanto, que o diálogo entre pais e filhos, educadores e educandos, ocorra a fim de que as melhores decisões sejam tomadas. A autoridade, por exemplo, não pode ser usada para que pais obriguem seus filhos a seguirem caminhos indesejados, nem a liberdade deve ser usada para justificar decisões irresponsáveis de jovens ingênuos. Na relação de dialogicidade entre professores e estudantes, pais e filhos, é preciso ética e humildade para se deixar errar, permitir o risco do erro que a liberdade de decidir oferece, e a compreensão de que a decisão é um processo responsável. Esse processo é fundante da autonomia: é na prática de decidir e errar que se aprende a ser autônomo. É preciso assumir eticamente e responsabilmente a decisão, e suas consequências, para que se aprenda através da experiência a autonomia (Freire, 1996).

Uma educação emancipatória, portanto, deve estar “centrada em experiências estimuladoras da decisão e da responsabilidade, vale dizer, em experiências respeitadas da liberdade.” (Freire, 1996, p. 67). Nota-se que a autonomia não é algo a ser ensinado, não é um tópico a ser inserido no currículo, nem pode ter um livro texto de referência. Também não é um processo natural, biológico, a qual todos estão invariavelmente sujeitos. É, ao contrário,

um processo de amadurecimento que a educação tem o dever de permitir e estimular (Freire, 1996).

Similarmente, a ética é um elemento essencial na pedagogia de Freire. A existência da ética é justamente o que possibilita que ela seja quebrada. Como reflete o autor, não existem tigres antiéticos, porque tampouco existe uma ética dos tigres. Exatamente por ser inacabado e consciente disso é que o indivíduo tem a possibilidade de decidir, de negar, e de, portanto, trair a ética. Por isso, é fundamental, ao se falar de educação, inclusive a técnica e científica, persistir na formação ética. Ao se ignorar esse fator a educação passa a ser domesticação, treinamento, não formação. A formação ética não é, contudo, baseada em conteúdos; não é a transferência de uma ética do educador para o educando; está baseada no respeito à autonomia e à dignidade de educadores e educandos. Não é um favor que a escola pode prestar, ou fruto da “boa educação”, é um imperativo ético. O ser ético é o respeito a si mesmo e ao outro, respeitando as diferenças e a autonomia; requer a dialogicidade e o equilíbrio entre autoridade e liberdade. A transgressão à ética é, então, uma transgressão à natureza humana; as ações racistas, classicistas e machistas não são justificáveis; são imorais e combatê-las é, segundo Freire, é um dever (Freire, 1996).

Essa educação requer uma pedagogia do respeito: respeito dos educadores pelos educados, e de cada um deles por si mesmos. O respeito aos conhecimentos que educandos trazem de fora da escola, os conhecimentos de experiências; respeito a curiosidade, a coerência, ao diálogo. O respeito é consequência de virtudes e qualidades construídas no esforço de diminuir as distâncias entre a prática e o discurso, é a própria coerência. O exemplo da prática do professor é, por si só, parte da formação do estudante. Por isso então a importância da sua seriedade, ética e comprometimento com o ensino e no protesto às injustiças. De forma similar, também as condições materiais de ensino são parte fundamental do processo pedagógico. A falta de condições higiênicas, espaciais, estéticas e de recursos

prejudicam o processo e são uma ofensa aos educandos, educadores e a prática pedagógica. Lutar por uma educação melhor, seja por melhores condições de infraestrutura, ou melhores salários, ou pelos direitos e dignidades de todos, é uma questão pedagógica, e também ética (Freire, 1996).

Educação emancipatória não significa porém, uma educação neutra. A prática educativa não pode, nunca, ser neutra, pois, tendo sempre um objetivo, tem também finalidades guiadas por ideologias. Similarmente, é sempre composta por conteúdos e objetos a serem ensinados e aprendidos, bem como de metodologias e técnicas a serem aplicadas; todas sujeitas a escolhas que, em um nível ou outro, são ideológicas. Na tentativa de se fazer neutra, será sempre uma reprodução da ideologia dominante. Não podendo ninguém, cientista ou não, estudar o mundo de forma descompromissada, como se não fizesse parte dele, como se fosse separado dele, todo conhecimento é também ideológico. A educação não deve, também, ser cega às injustiças do mundo, cega à fome e a miséria, não pode ser fatalistas, nem desesperançosa. O fingir neutralidade do professor, ignorando as dores que vivenciam seus educandos, é, então, uma forma de desrespeito ao educando. Para o respeito a autonomia, não sendo nunca a educação neutra, a prática pedagógica exige dos educadores e educando honestidade intelectual e política (Freire, 1996).

Assim, a educação é sempre uma forma de intervenção no mundo, em especial uma forma política de intervenção. Professores e professoras não intervêm no mundo num sentido de que possam mudar o país e suas políticas de dentro da sala de aula; intervêm no mundo a medida que demonstram ser possível mudar, a medida que são esperançosos, coerentes, humildes, dialógicos. A educação tem também por sentido apoiar que as posturas rebeldes, de denúncia, evoluam para posturas revolucionárias, propositivas. Não significa, necessariamente, impor que a população se rebele, mas trabalhar para que tomem consciência da sua situação de injustiça e violência, e dela desejem se libertar. Assim, os educadores e

educadoras não devem impedir ou forçar que seus estudantes tenham determinadas atitudes, mas colaborar para que entendam as consequências de suas ações, e a situação em que se encontram. Se sala de aula não deve ser espaço em que se nega a reflexão crítica em relação ao mundo, tampouco deve ser um “comício libertador”. O equilíbrio entre o objetivo da aula, conteúdo principal a ser ensinado, e a reflexão crítica quanto ao mundo deve ser alcançado, sem que com isso a educação se curve a ideologia dominante, nem se resuma a uma denúncia a ela (Freire, 1996).

A educação é libertadora a medida que os educadores e educadoras entendem que não são os agentes libertadores dos educandos. Seu papel está em promover a tomada de consciência de seu lugar no mundo. A vontade de libertação parte do engajamento pessoal de cada educando na sua emancipação e na luta pela superação das situações de injustiça e opressão em que se encontra. Assim, uma educação emancipatória necessita de educadores e educadoras cientes de que a emancipação ocorre com os educandos, não sobre eles (Freire, 1996).

O educador, não sendo dono da verdade, busca construir um caminho de diálogo com o educando. Essa dialogicidade, essencial para a promoção da autonomia, é um caminho de mão dupla: o diálogo parte do educador para o educando, mas também do educando para o educador. Essa prática se faz contrária à educação tradicional, a “bancária”, e se torna uma educação problematizadora, crítica, e essencialmente respeitosa (Freire, 1974). Com honestidade intelectual e com a “boniteza de pensar”, o educador dialoga com os educandos, trazendo a tona os contextos de cada um e construindo um espaço de aprendizagem para todos. O educador é também educando, e o educando, educador, pois se aprende ensinando e se ensina aprendendo. Para isso, o professor deve sair de sua posição de detentor do saber que deposita nos estudantes o conhecimento e desestimula o pensar autêntico, e passa a trocar e cultivar conhecimentos com eles, dando protagonismo para seus contextos histórico-sociais e

desmistificando verdades absolutas (Freire, 1996). A dialogicidade presume a palavra, mas uma palavra completa com duas dimensões: a ação e a reflexão, que trazem à educação um caráter dinâmico, onde palavra e prática se complementam num ensinar e aprender incessante e reflexiva, que conduz os educandos a tomadas de consciência (Freire, 1974).

O educador então tem o papel de ensinar (e praticar) o pensar certo. O pensar certo compreende que educar é formar, por isso é humilde, coerente e crítico, e está intimamente relacionado a decência e a boniteza. O pensar errado é arrogante, crer ser dono da verdade e imutável. A educação, se voltada unicamente para a formação técnica e conteudista, baseada na memorização, se associa ao pensar errado, negando a formação ética, constituinte do ser humano, que o pensar certo conduz. O pensar certo, por outro lado, envolve o pensar crítico, que se sabe inacabado, portanto, capaz de errar e de se reinventar ao aprender (Freire, 1996).

Pensar certo é saber respeitar os saberes do outro. Para o professor, é estar aberto à leitura de mundo apresentada pelos educandos, mesmo que ingênua. É não impor-lhes suas verdades arrogantes, mas respeitar os saberes populares (construídos na vivência comunitária) e dialogar com os estudantes os porquês desses conhecimentos. A reflexão, feita do diálogo respeitoso, é uma provocação para que os educandos percebam quais dos seus saberes são ingênuos e precisam ser ampliados, aprofundados, ou superados (Freire, 1996).

Ao considerar educação de uma perspectiva ampla, a pedagogia discutida pelo autor transcende a escola e o professor, alcançando os momentos de trocas de saberes e práticas, no incessante ensinar e aprender da vida. A educação passa então a ser uma forma de interagir com o conhecimento, da sua produção a sua disseminação. Uma educação emancipatória, portanto, adota uma pedagogia do respeito mútuo (e amplo) que, pelo diálogo honesto, equilibrado na coerência da reflexão e da ação, busca uma formação ética, que parte de, e leva a, tomada de consciência do condicionamento, do inacabamento e do estado de esperança. É ainda uma educação que tensiona os limites da autoridade e da liberdade, justamente para



fortalecer sua missão de liberação que, necessariamente, exige o respeito a autonomia. Assim, a palavra, o conteúdo, e a ação, a prática, se complementam num ensinar permanente, inquieto, inventivo. Mas também esperançoso, pois traz, com a tomada de consciência, a vontade de emancipação e a consciência do seu poder de criar e recriar a sua realidade (Freire, 1996).

Uma educação para autonomia busca a libertação do pensamento, anseia por desburocratizar as mentes, desformatar os padrões de dominação a qual somos submetidos. Não pela inexistente neutralidade, mas pela honestidade intelectual e política o diálogo entre educadores e educandos é plataforma para o descobrimento e criação de meios e ferramentas para a intervenção no mundo, a partir dos conteúdos e currículos das escolas.

A próxima sessão apresentará os principais aspectos dos movimentos de código aberto, incluindo suas práticas, filosofias e teorias. Dando destaque para seus vários enfoques, da tecnologia ao acesso aberto, especial atenção será dada as definições de conhecimento aberto e *hardware* de código aberto, e a teoria dos Hiperobjetos (Pezzi, 2015).

### 3.3 Movimentos de Código Aberto e Hiperobjetos

Antes de aprofundar a discussão sobre os movimentos de código aberto, algumas problemáticas do paradigma proprietário serão expostas. Classificam-se como proprietários conteúdos, obras, tecnologias e ideias registradas legalmente como propriedade intelectual<sup>40</sup>. É entendido como um paradigma na medida que é tratado como única solução, desconsiderando alternativas que diverjam da defesa incondicional à propriedade intelectual.

---

40 A propriedade intelectual (PI), dividida entre os direitos autorais e a propriedade industrial (patente), são mecanismos jurídicos para a garantia do direito de propriedade sobre a criação de obras e ideia (artísticas, científicas ou tecnológicas). Licenças abertas são também parte da propriedade intelectual, pois são termos que especificam determinadas restrições, como a atribuição de créditos ou a aplicação da mesma licença em obras derivadas. O direito autoral, no Brasil, se estende até 70 anos após a morte do autor; após esse período, a obra passa a estar sobre domínio público, ou seja, qualquer pessoa pode fazer uso dessas obras, mantendo-se apenas a necessidade de atribuir os devidos créditos (FGV, 2011, Rocha de Souza & Amiel, 2020).

Tal pensamento prioriza, sem julgamentos críticos, o uso de tecnologias proprietárias, ou ainda de cerceamento ao acesso e uso de conteúdos diversos.

Sob a argumentação de que a propriedade intelectual promove a inovação científica e tecnológica e a produção cultural, leis e acordos internacionais sobre o assunto têm restringido os direitos dos usuários e mercantilizado os direitos dos autores sobre suas obras e ideias (registradas no formato de patentes). Esse caminho, contudo, tem apontado mais na direção de proteger grandes corporações do que de proteger pequenos empreendedores e artistas; resultam também no esvaziamento do conhecimento e cultura em domínio público. A extensa duração dos direitos autorais, somada ao indiscriminado registro de patentes e ao enfraquecimento do “uso justo”, e com apoio técnico do DRM<sup>41</sup>, fortalece os monopólios de conhecimento (científico e tecnológico) e da cultura, fazendo com que todos os recursos para a criação sejam, por direito, das grandes corporações e indústrias (Lessig, 2004). Como consequência, o desenvolvimento da C&T e da cultura está subordinado a elas – únicas com poder, financeiro e político, para comprar, ou burlar, os direitos de propriedade intelectual (Lessig, 2004). É preciso então questionar essas leis; não para as extinguir, mas para repensar sua atuação e consequências; como fazem, por exemplo, as licenças abertas do *Creative Commons*<sup>42</sup>, que não negam os direitos autorais, mas dispõem uma forma diferente de aplicá-los<sup>43</sup>.

O monopólio das grandes empresas de tecnologia sobre as tecnologias digitais, em especial as de informação e comunicação, mencionado na introdução, e a indiscriminada adoção dessas na educação condicionam seus usuários, estudantes e professores, a essas

---

41 DRM, ou *Digital Right Management*, são o conjunto de tecnologias usados para proteger conteúdos digitais de serem copiados sem autorização. São elas que, por exemplo, impedem que o conteúdo gravado em um CD de música comercial seja copiado para o computador e compartilhado.

42 A Creative Commons é uma organização não governamental e sem fins lucrativos que tem como objetivo de superar barreiras legais ao compartilhamento de conhecimento e criatividade. Mais detalhes em seu site oficial: <https://creativecommons.org/>.

43 Em seu livro, *Cultura Livre*, Lawrence Lessig (2004) propõem ainda diversas variações de leis de propriedade intelectual que protejam os pequenos inventores e criadores e priorizem o desenvolvimento da cultura, não sua privatização.

limitadas formas de pensar, criar e se comunicar. O caráter proprietário e centralizado dessas soluções, que serão mais amplamente discutidos na seção 4.5, expõem as pessoas a complexos e problemáticos sistemas de controle e vigilância que devem igualmente ser questionados e superados.

Dentre as várias críticas possíveis a essa lógica<sup>44</sup>, os movimentos de código aberto se destacam por terem como objetivo central de suas reflexões e ações a ruptura, em diferentes âmbitos, do paradigma proprietário. Como introduzido nos Capítulos 1 e 2, o movimento de código aberto é composto por diferentes organizações e ações que têm como centralidade a transformação dos modos de produção, criação, compartilhamento e acesso a conteúdos e informações. A expressão “código aberto” não foi escolhida ao acaso: como defende Bruce Perens (2017), não é um adjetivo, é, antes, um nome próprio. Perens, escritor da Definição de Código Aberto (no inglês “*Open Source Definition*”), defende que a expressão “código aberto” (do inglês, “*open source*”) está intimamente associada à aplicação de licenças e práticas em conformação com sua definição (Perens, 2017). Baseado nisso, a escolha pela expressão “movimentos de código aberto” tem como objetivo reunir organizações e movimentos que, em diferentes níveis, estão comprometidos com a produção e disponibilização de conteúdo e informação de código aberto<sup>45</sup>.

Na próxima seção serão apresentados os preceitos e aspectos dos principais grupos dos movimentos de código aberto. Com a finalidade de se compreender quais são os aspectos considerados fundamentais para a liberdade do conhecimento, as definições de conhecimento aberto<sup>46</sup> e de *hardware* de código aberto serão detalhadas. Compondo a visão jurídica, as

---

44 Ações contra a propriedade intelectual vão desde romper completamente com ela, como as ações promovido pelo *Pirate Bay*, até ações reformistas como às do *Creative Commons*.

45 Movimentos como o da cultura livre e a ciência aberta, por serem difusos, não estão, na sua totalidade, adequados a essa concepção. Ainda assim, foram incluídos no mesmo grupo dado a importância da parcela deles que estão ativamente comprometidos com essa noção. Também o movimento REA possui vertentes que não estão completamente alinhadas com a definição de código aberto, divergindo, principalmente, quanto à possibilidade de incluir na noção de aberto às licenças que proíbem o uso comercial.

46 Ao longo dessa seção, a noção de conhecimento difere da apresentada por Stehr na seção 3.1; aqui, conhecimento se refere a suas versões materializadas em livros, códigos, desenhos, etc.

visões de Lawrence Lessig, Antonio Lafuente e Nelson Preto sobre as práticas do movimento, em especial da colaboração e compartilhamento, serão brevemente discutidas. Como ficará evidente, não há uma concepção unificada sobre conhecimento aberto capaz de englobar todos os aspectos do movimento, mesmo que todas elas coincidam quanto às formas de produção e compartilhamento do conhecimento que priorizam sua abertura. Para contrapor a aparente separação desses elementos, optou-se por explorar a concepção especulativa de Hiperobjetos e, com isso, ampliar a concepção de conhecimento aberto para que inclua não só os aspectos das licenças e definições do código aberto, nem só os aspectos práticos da colaboração e do compartilhamento, como também a complementação entre obra e documentação e sua inserção no universo dos Hiperobjetos.

### 3.3.1 Movimentos de Código Aberto

O movimento de código aberto inclui grupos de várias áreas da tecnologia, da ciência, da educação e da arte, todos reunidos com o objetivo de ampliar a disponibilização de conhecimento, de conteúdo e de tecnologia. Possivelmente, o movimento mais conhecido é o associado ao *Software* Livre, ou *Software* de Código Aberto<sup>47</sup>. O movimento teve início na década de 80, com a fundação da FSF<sup>48</sup> e, atualmente, é composto por diversas organizações, fundações e empresas. O movimento inicia com o lançamento, em 1983, do projeto GNU – um sistema operacional livre – e, em 1985, com o lançamento do Manifesto GNU e a fundação da FSF. A motivação principal para a sua criação foi o choque de cultura entre as

---

47 Os movimentos de *Software* livre e de *Software* de código aberto são similares no que diz respeito às liberdades do usuário, mas se diferenciam por questões ideológicas, sendo o primeiro geralmente associado aos preceitos filosóficos do movimento, enquanto o segundo está geralmente associado a questões mais metodológicas do desenvolvimento (Perens, 2017; Stallman, 2020). Para os demais movimentos descritos a seguir, a adoção da expressão “livre” ou “aberto” não representam uma preferência específica por nenhuma das perspectivas associadas ao *software*.

48 A *Free Software Foundation* é uma organização não-governamental que promove a a liberdade dos usuários de computador e defende os direitos de todos os usuários de *software*. Mais detalhes da FSF no seu site oficial: <https://www.fsf.org/>. Acessado em Junho de 2020.

recorrentes práticas de compartilhamento de códigos da década de 70 e o surgimento e consolidação dos *softwares* proprietários na década de 80 (FSF, 2020b).

Segundo o Manifesto GNU, que se mantém sendo uma referência para o movimento (FSF, 2020b), o *software* proprietário é um instrumento de poder injusto, pois quem o desenvolve tem poder de controlar o usuário; a única forma de não ser controlado seria se o próprio usuário controlasse o código. Similarmente, o manifesto marca um posicionamento contrário aos direitos autorais de códigos, pois “o direito autoral não é um direito natural, mas um monopólio artificial imposto pelo governo que limita o direito natural dos usuários de copiar” (FSF, 2020b), e critica o incentivo ao uso de *software* proprietário, já que esse leva os usuários a uma dependência das empresas de *software* (FSF, 2020b). Por esses motivos, o Manifesto defende o desenvolvimento de *softwares* livres que, por definição, é “todo aquele *software* licenciado e distribuído de tal forma que qualquer pessoa possa: executar, estudar, redistribuir e distribuir cópias modificadas” (FSF, 2020c).

Em 1992, com a publicação do kernel<sup>49</sup> Linux, desenvolvido por Linus Torvalds, o sistema operacional GNU/Linux se popularizou, assim como todo o movimento de *software* livre (Fernández-Sanguino et al., s.d.). A necessidade de uma distribuição GNU/Linux fácil de ser usada e estável motivou a comunidade a criar, em 1993, o Projeto Debian e, em 1997, lançar o Contrato Social Debian - um conjunto de compromissos públicos assumidos pela comunidade do Projeto Debian (Debian Project, 2004). Mais tarde, o contrato foi também aceito pelo restante da comunidade de *software* livre (Fernández-Sanguino et al., s.d.) e serve de base para a Definição de (*software*) Código Aberto (Open Source Initiative [OSI], 2007), mantido pela *Open Source Initiative*<sup>50</sup> (OSI). Essa definição tem sido usada como base para definições de outras formas de conteúdo, a exemplo, a definição de conhecimento aberto da

---

49 O *kernel* é a parte de um sistema operacional que faz a comunicação entre a parte de *hardware* (eletrônica, circuitos, microcontroladores) e a parte de *software* (programas e códigos de computador).

50 Fundada em 1998, a OSI trabalha na promoção e proteção do *software* de código aberto e de sua comunidade. Mais detalhes sobre a OSI no seu site oficial: <https://opensource.org/>. Acessado em Setembro de 2020.

*Open Knowledge Foundation* (OKF) e a definição de *hardware* de código aberto da *Open Source Hardware Association* (OSHW), que serão discutidas na próxima sessão.

Nesse movimento, nasceram também as licenças abertas, como o *copyleft*, as licenças *General Public License* (GPL)<sup>51</sup> e as licenças *Creative Commons* (Martínez, 2016). As licenças abertas<sup>52</sup>, ou livres, são centrais nos movimentos de código aberto pois são os mecanismos legais que dispõem os direitos autorais dos criadores e desenvolvedores de tal forma que as obras possam ser usadas, compartilhadas, modificadas e reproduzidas. Como apresenta Martínez (2016), o surgimento das licenças abertas “marcaram uma tendência e proporcionaram o marco para uma nova forma de produção, a qual possibilitaria dispensar os intermediários no âmbito acadêmico e na indústria cultural” (Martínez, 2016, p. 177).

Na primeira década do século XXI, um braço dos movimentos de *Software Livre*/de *Código Aberto* deu origem ao movimento de *hardware* de código aberto – ou *Hardware Aberto e Livre* (HAL). O movimento ganhou força com o surgimento de empresas de HAL - como a *Adafruit*<sup>53</sup>, a *Sparkfun*<sup>54</sup> e o *Arduino*<sup>55</sup> - o projeto *RepRap*<sup>56</sup> e a adesão de instituições

---

51 *Copyleft*, que tem esse nome como contraposição ao *copyright* (todos os direitos reservados) - é um mecanismo legal de proteção dos direitos autorais que permite o uso, modificação e difusão, mas que, diferentemente do domínio público, exige que derivações mantenham essas mesmas liberdades. A licença GPL, mantida pela FSF, mantém alguns direitos reservados, como a autoria e a exigência de que as derivações sejam também livres. Mais informações sobre a GPL em <https://www.gnu.org/licenses/#GPL>. Acessado em Setembro de 2020.

52 Uma licença aberta deve permitir: i. o uso e modificação da obra – seja a obra inteira, ou apenas partes dela, isoladamente, ou com obras distintas -, ii. a redistribuição – incluindo a venda – da obra original ou de suas derivações, e iii. a propagação dos direitos da obra original às obras derivadas e redistribuídas. A licença não deve restringir o uso, a modificação e a redistribuição para nenhum propósito, área de atuação ou grupo de pessoas, nem impor nenhum tipo de cobrança monetária. Ademais, uma licença aberta deve ser compatível com outras licenças abertas. Algumas restrições podem ser impostas; contudo, não devem ferir o exercício das liberdades da obra. Seu desígnio deve ser aplicar condições tais à distribuição de derivações que garantam a manutenção das liberdades, que garantam o respeito à autoria da obra e que protejam os autores de serem associados a derivações dos seus trabalhos (OKF, 2015).

53 A *Adafruit* é uma empresa de produtos eletrônicos que disponibiliza os esquemáticos técnicos de seus produtos *online* sob licenças abertas. Mais informações em: <https://www.adafruit.com/about>. Acessado em Março de 2020.

54 A *Sparkfun* é uma empresa de produtos eletrônicos que disponibiliza os esquemáticos técnicos de seus produtos *online* sob licenças abertas. Mais informações em [https://www.sparkfun.com/about\\_sparkfun](https://www.sparkfun.com/about_sparkfun). Acessado em Março de 2020.

55 *Arduino* é uma plataforma de prototipagem educacional de código aberto lançada em 2008. Mais informações em: <https://www.arduino.cc/>. Acessado em Março de 2020.

56 O projeto *RepRap* disponibiliza a documentação necessária para a replicação de uma máquina de fabricação digital. Ficou conhecida por ser o primeiro projeto de impressora 3D disponibilizado publicamente. Mais informações em: <https://www.reprap.org/wiki/RepRap>. Acessado em Março de 2020.

como a Organização Europeia para a Pesquisa Nuclear (CERN) (Calabrese, [s.d.]). Atualmente, pode ser resumido na figura da OSHWA<sup>57</sup>, que é responsável pela certificação de projetos de HAL em todo o mundo e é a mantenedora da definição de *hardware* de código aberto (OSHWA, 2012a). Por definição, HAL é todo o *hardware* que tem seus esquemáticos disponíveis publicamente, sob licenças abertas, para serem usados, estudados, modificados e distribuídos, mas também fabricados e vendidos (OSHWA, 2012a). Os projetos de HAL são geralmente peças para impressão aditiva (impressão 3D) de plástico ou *designs* de circuito eletrônicos, porém *hardware* pode ser considerado qualquer artefato tangível tal como máquinas, peças e dispositivos de qualquer material e com qualquer propósito.

Recentemente, o movimento *Global Open Science Hardware* (GOSH, 2018) tem reunido cientistas, artistas, técnicos e ativistas do *hardware* científico aberto em uma comunidade global e aberta. Destacam-se pela preocupação não só com a abertura dos produtos científicos e tecnológicos, mas também com a transformação da ciência, com questões de justiça social e equidade, empoderamento, descentralização e democratização da ciência. O movimento tem crescido em impacto, com o lançamento de um jornal científico específico para a área, o *Journal for Open Hardware*<sup>58</sup>, e com sua capilarização em movimentos locais na África, América Latina e América do Norte<sup>59</sup>.

Na área da educação, o movimento de Recursos Educacionais Abertos (REA) incentiva a ampla adoção e promoção de REA por indivíduos, instituições e Estados como uma forma direta de ampliar o acesso à informação e conhecimento e fomentar práticas colaborativas de produção e compartilhamento (UNESCO, 2013). A origem dos REA pode ser

---

57 Mais informações sobre a OSHWA podem ser obtidas em seu site oficial, no endereço <https://www.oshwa.org>. Acessado em Março de 2020.

58 Disponível em <https://openhardware.metajnl.com/>.

59 Como exemplo, os eventos Open Africa Summit, em 2018 em Gana ([africaosh.com](http://africaosh.com)), a Residência Latino-americana de Tecnologias Livres (reGOSH), em 2019, no Brasil ([libres.cc](http://libres.cc)) e o GOSH Great Lakes, em 2019 no Canadá (<http://openhardware.science/gatherings/great-lakes-gosh-2019/>). Todos os endereços acessados em Setembro de 2020.

relacionada às ações da UNESCO para democratização do conhecimento<sup>60</sup>; lançada em 2012, e reforçada na versão de 2020<sup>61</sup>, a declaração *Paris Open Educational Resources Declaration* define REA como:

“[...] materiais de ensino, aprendizagem e investigação em quaisquer suportes, digitais ou outros, que se situem no domínio público ou que tenham sido divulgados sob licença aberta que permite acesso, uso, adaptação e redistribuição gratuitos por terceiros, mediante nenhuma restrição ou poucas restrições” (UNESCO, 2012).

De modo similar, o movimento de Educação Aberta defende a livre disponibilização de tecnologias e materiais de ensino, a partilha de saberes e práticas entre os educadores e as novas abordagens de avaliação, acreditação e de aprendizagem colaborativa (Baguma et al., 2007). Contudo, a expressão é comumente associada a outros aspectos do acesso à educação que não necessariamente as liberdades de uso e modificação dos recursos e práticas educacionais (Inamorato dos Santos, 2012). Por esse motivo, as discussões serão centradas no REA, não na Educação Aberta.

No Brasil, o tema é ampliado para além da disponibilização dos materiais didáticos. No entendimento de Rossini e Gonzalez (2012), os recursos educacionais são bens comuns e públicos, e as iniciativas REA têm como objetivo “disponibilizar e compartilhar várias partes ou unidades do saber, que podem ser remixadas, traduzidas e adaptadas para finalidades educacionais” (Rossini & Gonzalez, 2012, p. 39). Para Nelson Pretto (2012), eles não podem ser resumidos apenas aos materiais didáticos; devem ser expandidos para outras tecnologias educacionais, como *softwares* e *hardwares* livres, e não devem ser limitados apenas à disponibilização gratuita de conteúdos. O caráter de abertura dos REA permite que os recursos usados sejam fontes para novos recursos e serviços, favorecendo que professores e estudantes se apropriem deles - principalmente das tecnologias digitais - e produzam suas

---

60 De forma secundária, a UNESCO defende também a defesa à adoção de outras tecnologias abertas, como o *software* de código aberto, e práticas de Ciência Aberta, como a publicação em acesso aberto.

61 Uma nova e atualizada definição está disponível em: [http://portal.unesco.org/en/ev.php-URL\\_ID=49556&URL\\_DO=DO\\_TOPIC&URL\\_SECTION=201.html](http://portal.unesco.org/en/ev.php-URL_ID=49556&URL_DO=DO_TOPIC&URL_SECTION=201.html).



próprias culturas e conhecimentos. Assim, os REA são a “possibilidade emancipatória de cada indivíduo, nação ou cultura” (Pretto, 2012, p. 106).

Pesquisadores da área (Amiel et al., 2017; Santana et al., 2012) destacam que, para que a contribuição do REA seja amplificada e consolidada, é crucial que sua adoção em instituições de ensino ocorra com ainda mais apoio de políticas públicas e das institucionais voltadas para o assunto. Pretto (2012) amplia a discussão ressaltando que é necessário pensar os REA para além da educação, incorporando a filosofia *código aberto* em políticas públicas também da cultura, da telecomunicação, da indústria, da ciência e da tecnologia. Portanto, os REA não devem ser vistos como isolados do restante da sociedade. São parte de um amplo movimento de cultura livre que se inicia ao licenciar os recursos com licenças abertas, mas que se estende para todas as esferas da sociedade com o objetivo de perpetuar culturas e práticas que permitam que conhecimento possa fluir livremente por entre as pessoas, grupos e épocas, e que possa também ser organicamente modificado, transformado e adaptado (Pretto, 2012).

No Brasil, os REA têm sido incorporados à políticas públicas estaduais de educação, como no caso dos estados do Paraná, São Paulo e no Distrito Federal, e políticas federais, como o Plano Nacional da Educação, e em leis acerca da contratação e licenciamento de obras (Sebriam & Gonsales, 2016). Em 2016, foram adotados pela CAPES como padrão para o Sistema de Universidade Aberta do Brasil (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior [CAPES], 2017). Destaca-se também no país a organização REA Brasil, rede de educadores e cientistas que pesquisam e desenvolvem REA<sup>62</sup>.

Outro importante movimento na promoção do acesso ao conhecimento é o movimento de Acesso Aberto, resumido na defesa da disponibilização ampla, gratuita e pública dos resultados de investigação científica (Albagli et al., 2014). Apesar de associada ao movimento de Ciência Aberta, tem suas origens junto ao surgimento das primeiras revistas científicas

---

62 Mais informações em seu site oficial: <http://www.rea.net.br>. Acessado em Maio de 2020.

(Monbiot, 2018), sendo centro de discussões mesmo fora dos movimentos de código aberto (e.g. Acevedo Díaz, 1997; Martínez, 2016). Atualmente, uma das ações mais representativas do movimento é a Iniciativa de Budapeste pelo Acesso Aberto (Albagli et al., 2014). O conceito de acesso aberto foi formalizado em 2002, pela Iniciativa de Budapeste pelo Acesso Aberto, com a Declaração de Budapeste, onde “Acesso aberto à literatura científica revisada por pares significa a disponibilidade livre na *internet*, permitindo a qualquer usuário ler, fazer *download*, copiar, distribuir, imprimir, pesquisar ou referenciar o texto integral desses artigos”. A Declaração de Salvador sobre Acesso Aberto<sup>63</sup> complementa essa definição atribuindo aos governos a responsabilidade de priorizarem políticas de acesso aberto, principalmente nas pesquisas financiadas com recursos públicos, bem como o fortalecimento e integração de repositórios e periódicos locais (Martínez, 2016).

Similarmente, o movimento de Dados Abertos promove a publicação aberta de dados de interesse público, como dados governamentais, geográficos, climáticos, culturais e resultados de pesquisas científicas (Albagli et al., 2014). No caso de dados científicos, alega-se que não deve haver barreiras técnicas, legais ou financeiras ao acesso aos dados e as publicações científicas, e que tal bloqueio representa um entrave no próprio avanço da ciência (Albagli et al., 2014). O conceito foi criado em 2007, em um encontro na Califórnia (EUA), onde foram lançados os 8 princípios para a abertura de informação governamental - que, com o tempo, foi expandida para a ciência (J. Machado, 2015). Os dados, para serem abertos, precisam estar completos, na forma mais primária (não modificada) possível, serem “frescos” (disponibilizados tão logo coletados, para a preservação do seu valor), estarem acessíveis, serem processáveis por máquinas, não-discriminatórios, não-proprietários e estarem sob licenças abertas. A defesa pela publicação de dados científicos, contudo, é bem mais antiga, e está associada a criação do primeiro banco de dados de bibliografia eletrônica aberto, em

---

63 Disponível em <http://www.icml9.org/channel.php?lang=pt&channel=86&content=428>. Acessado em Outubro de 2020.

1966, o *Educational Resources Information Center*<sup>64</sup> (J. Machado, 2015). Atualmente, o debate quanto a dados abertos permeia discussões éticas e práticas quanto a governabilidade digital e capitalismo de vigilância.

Permeando todos esses grupos está o conceito, e movimento, de Ciência Aberta. Apesar de recorrente, o movimento não possui uma história, nem uma definição, fixa (Albagli et al., 2014). Seu nascimento coincide com o crescimento da chamada cultura livre digital, seguida do surgimento de novas plataformas digitais que favorecem a disseminação do conhecimento e a colaboração. Ciência Aberta é um termo guarda-chuva que abriga os vários aspectos da produção científica, tais como a publicação dos resultados, os dados, os cadernos de laboratório abertos, os instrumentos científicos, os insumos e protocolos compartilhados, sempre na perspectiva de promover o acesso ao conhecimento, e também a participação ativa do público geral no desenvolvimento e práticas científicas (Albagli et al., 2014).

Tão vasta quanto a ciência em si, a Ciência Aberta é um movimento que abrange diversos pontos de vista, por vezes conflitantes. As vertentes convergem em duas frentes: jurídica e técnica (Albagli et al., 2014). No âmbito jurídico, questionam a propriedade intelectual e a conceitualização do conhecimento como uma commodity qualquer, e promovem a adesão a licenças abertas, tanto em produções científicas, quanto em obras artísticas e culturais. O âmbito técnico compreende o desenvolvimento de protocolos, ferramentas, máquinas, *softwares* e metodologias que aprimorem o acesso e reutilização da produção científica (Albagli et al., 2014).

Os argumentos a favor de uma ciência aberta variam conforme a origem e o objetivo. São por vezes conflitantes, mas convergem na distribuição, acesso e produção do conhecimento científico, sem restrições legais, tecnológicas ou sociais (Albagli et al., 2014). A produção científica feita em universidades e instituições públicas, bem como pesquisas realizadas com financiamento federal, argumenta-se, não deveriam ser privatizadas.

---

64 Ainda hoje disponível em <https://eric.ed.gov/>. Acessado em Outubro de 2020.

Similarmente, defende-se que o conhecimento é um bem comum e que sua disseminação fortalece uma sociedade mais justa. Por outro lado, alguns se concentram na defesa de que o espírito científico requerer ciência aberta, ou que sua abertura, conjuntamente com o uso de ferramentas de colaboração, traz maior produtividade ao fazer científico (Albagli et al., 2014). Na busca por um consenso, a UNESCO lançou, no início de 2020, uma consulta aberta sobre as concepções de ciência aberta, indicando a possível formulação de uma declaração sobre o tema. Na América Latina e no Caribe, a Declaração do Panamá sobre Ciência Aberta<sup>65</sup>, publicada em 2018, busca apontar para uma noção ampla, incluído as ferramentas e os resultados. No Brasil, destacam-se as ações da *Open Knowledge Brasil*<sup>66</sup> e do grupo de trabalho de ciência aberta do Instituto Fiocruz<sup>67</sup> que, centrados principalmente no acesso aberto e dados abertos, tem exercido importante papel na vanguarda da disseminação da Ciência Aberta.

Para além do conhecimento científico, tecnológico ou educacional, o movimento pela cultura livre digital defende o direito de acesso às diversas formas de conteúdo e cultura digitais. São, também, um novo modo de criação e colaboração intelectual e criativa, baseados no compartilhamento e na livre distribuição das obras. A cultura livre é um movimento disperso, estruturado nas múltiplas ações coletivas de seus atores, resultando na resistência aos modelos de produção cultural “privativas” (Martínez, 2016). As ideias acerca da cultura livre defendem a importância da existência de uma coleção de conteúdos e culturas gerais que tenham, defendidos por lei, o direito de serem usadas, distribuídas, adaptadas ou modificadas (Lessig, 2004). Segundo Lessig (2004), as atuais leis de proteção de direitos autorais, e também de patente, tem servido na defesa de um monopólio sobre a capacidade criativa e inventiva das pessoas. Em defesa do domínio público e de alternativas às patentes e ao

---

65 Disponível em: <http://forocilac.org/declaracion-de-panama-sobre-ciencia-abierta/>. Acessado em Outubro de 2020.

66 Mais informações em: <https://www.ok.org.br/>. Acessado em Abril de 2020.

67 Mais informações em: <https://portal.fiocruz.br/ciencia-aberta>. Acessado em Abril de 2020.

*copyright*, Lessig fundou a *Creative Commons*, que disponibilizou ao mundo licenças abertas com diferentes níveis de abertura para variados tipos de conteúdos, com uma apresentação intuitiva e pouco complexa.

Além desses movimentos, conceitos e argumentos, poderiam ser encontradas aspectos similares em cada área específica da ciência e da tecnologia - a exemplo dos crescentes movimentos abertos na biologia<sup>68</sup> -, ou nos diversos aspectos da cultura e expressão (digital ou não), em diferentes níveis de comprometimento como a abertura do conhecimento, como os movimentos *Hacker* e o *Maker*<sup>69</sup>.

Todos esses movimentos citados andam em paralelo uns com os outros, não como linhas retas, mas como linhas curvas, que, por vezes se aproximam, por vezes se distanciam, mas sempre apontam na direção de uma maior abertura, mais acesso, da possibilidade de uso, de estudo e da permissão para a modificação e distribuição do conhecimento. Unem-se pela adesão à licenças abertas, por se aproximam das, ou se basearem nas, Definição de Código Aberto (OSI, 2007), ou nas Quatro liberdades fundamentais (FSF, 2020b), e pela publicação *online* de conteúdos, informações, guias, etc. Conectam-se também na defesa do conhecimento aberto, seja melhor acesso as suas várias expressões, ou pelas transformações nas formas como é produzido e compartilhado.

Contudo, nenhuma dessas perspectivas consegue abranger a totalidade dos movimentos. Por exemplo, projetos de *hardware*, por vezes, usam *softwares* proprietários, ou vice-versa. Os REA, por geralmente tratarem de documentos de texto ou audiovisual, não

---

68 A exemplo, as práticas abertas de biofabricação com fungos (Palacios & Jara, 2019), a competição de biologia sintética iGEM (disponível em <https://www.igem.org>, acessado em Outubro de 2020), que promove a liberação dos projetos desenvolvidos, e o movimento *biohacking*, que envolve o desenvolvimento de pesquisas autônomas em biologia molecular e genética, seguindo preceitos similares aos *hackers* tradicionais.

69 Os *hackers* são um coletivo orgânico e autônomo de entusiastas da computação, indivíduos que brincam com as tecnologias digitais, sem necessariamente terem um objetivo. A ética *hacker*, descrita por Pekka Himanen, estabelece que os *hacker* tem como objetivo principal a melhoria do mundo por meio do uso de computadores e da disponibilização aberta e livre do conhecimento (Pretto, 2012). O movimento *maker* se aproxima do *hacker* pelo caráter autônomo, espontâneo, colaborativo e inventivo, fazendo constante uso do conhecimento disponibilizado abertamente, mas se distancia a medida que não carrega consigo uma defesa pela ampla libertação do conhecimento (Burtet, 2019).

priorizam a publicação dos códigos fontes em formato aberto. Essa distância se mostrou evidente na revisão apresentada no Capítulo 2: apesar dos trabalhos apresentarem o uso de *softwares* e *hardwares* livres para o ensino, apenas dois trabalhos associaram essas ferramentas a noção de REA (R. B. Silva et al., 2015; Souza et al., 2019).

De maneira similar, o debate acerca do Acesso Aberto e dos Dados Abertos não abrange as tecnologias e práticas necessárias para sua produção. Resumem, assim, a ciência aberta apenas à abertura dos resultados, não dos processos. No sentido contrário, também os movimentos de tecnologias livres focam seu olhar para as ferramentas digitais e materiais, e não para os seus resultados e produtos, como dados e artigos. Tal abordagem é compreensível, já que cada movimento tem como intenção promover e estruturar um tipo específico de ação, e a ampliação em demasia do seu escopo põe em risco sua disseminação.

Apesar dessas divergências, há uma definição de conhecimento aberto única, mantida pela OKF, que precisa igualmente ser considerada na discussão. Por limitar-se aos dados e arquivos de textos, deixando de lado aspectos dos objetos físicos, será incorporada no estudo a definição de *hardware* de código aberto da OSHWA.

### **3.3.1.1 Conhecimento Aberto segundo a OKF e Hardware de código aberto segundo a OSHWA**

A OKF<sup>70</sup> define conhecimento aberto<sup>71</sup> como todo conteúdo, informação ou dado que as pessoas são livres para usar/acessar, reutilizar/modificar e compartilhar/redistribuir sem nenhuma restrição legal, tecnológica ou social. Segundo sua definição, conhecimento não é um conceito abstrato, mas sua versão materializada em formato digital<sup>72</sup>, chamada de “obra”

70 A *Open Knowledge Foundation* (OKF) é uma organização que tem como objetivo divulgar a importância dos dados abertos para a sociedade e apoiar grupos da sociedade civil a os usarem para resolver problemas sociais, mais informações em <https://okfn.org>. Acessado em Outubro de 202

71 Segundo a *Open Definition* – disponível em <http://opendefinition.org/od/2.1/en/> -, os conceitos de “aberto” e “livre” são equivalentes. Como é possível verificar no site oficial da OKF Brasil - disponível em <https://br.okfn.org/sobre/> -, o termo comumente usado em português é “conhecimento aberto”. Acessado em Outubro de 2020.

72 Não está explícito na definição a necessidade de estar em formato digital; contudo, em diversas passagens é exigido que a obra seja digital, como, por exemplo, na obrigação de estar disponível na íntegra na *internet*,

(OKF, 2015)<sup>73</sup>. A obra deve estar em domínio público, ou disponibilizada sob licenças abertas, e não deve conter qualquer termo de uso ou patente que as contrarie. Para garantir o livre acesso, a obra deve estar disponibilizada na íntegra e deve poder ser baixada gratuitamente da *internet*. A fim de que possa ser usada e modificada, a obra deve estar disponível em formato legível para um computador, e organizado de tal forma que elementos individuais da obra possam ser facilmente acessados e modificados. Do mesmo modo, a obra deve estar disponibilizada em formato aberto, ou seja, em um formato que não implique restrições monetárias e que seja processado em, pelo menos, um tipo de *software* livre/código aberto (OKF, 2015). As condições apresentadas pela OKF tem como foco o conhecimento associado a dados abertos, mas podem ser facilmente expandidas para qualquer outro conteúdo no formato digital. Portanto, segundo essa visão, conhecimento aberto se resume ao conteúdo sob licença aberta disponibilizado *online*.

No quesito licenças, não abrangem os produtos desses conteúdos que extrapolam o ambiente digital e tomam forma física, tangível. Aspectos que tratam da comercialização e de fabricação dos produtos estão mais elaborados na Definição de *Hardware* de Código Aberto, da OSHWA (2012a), por isso serão brevemente tratados a seguir.

Enquanto a estrutura do *software*, assim como de conteúdos em formato digital, permite que a produção de um item adicional - cópia de um arquivo digital - seja feita a custos desprezíveis, o mesmo não ocorre com objetos tangíveis, *hardwares*, como placas de circuitos eletrônico, livros impressos, etc. Sua replicação exige uma série de recursos que não raramente acrescentam custos inerentes ao seu uso, fabricação, modificação e distribuição. Por isso, a liberdade de comercialização de *hardwares* é critério necessário para que as outras liberdades sejam possíveis. Distinguem-se também dos recursos digitais por não poderem ser

---

ou estar disponível em um formato aberto.

73 A versão em português disponível em <http://opendefinition.org/od/1.1/pt/> é a 1.1 e está significativamente diferente da versão mais atualizada, a 2.1, disponível em inglês em <http://opendefinition.org/od/2.1/en/>. Por isso, optou-se por se basear na última versão. Acessado em Julho de 2019.

copiados, apenas replicados; assim, é essencial que sua fabricação seja permitida<sup>74</sup>, (OSHWA, 2012a).

Adicionalmente, para que possa ser, na prática, replicável, deve possuir uma documentação completa que apresente todas as informações necessárias para que possa ser usado, fabricado, modificado e distribuído (OSHWA, 2012a); ou seja, não existe *hardware* de código aberto sem documentação<sup>75</sup> (OSHWA, 2012a).

Apesar de voltada para circuitos eletrônicos e estruturas mecânicas simples, a definição pode ser aplicada para outros artefatos tangíveis, como livros impressos, esculturas e móveis; ampliando, também a concepção de *hardware*. Extrapolando os limites da declaração, as liberdades podem também ser englobar ações, tais como técnicas, práticas ou processos. O uso de determinados conteúdos não se restringe apenas ao uso da obra em si, como no caso do *software*; por vezes, o uso transcende a própria obra. Por exemplo, um livro de ficção publicado abertamente pode ser lido (usado), modificado e distribuído, mas pode também ser transformado em uma peça de teatro. O mesmo pode ser afirmado em relação a uma técnica, tal como um processo industrial.

As considerações levantadas pelo movimento do *hardware*, condensadas nessa definição, apontam que para o conhecimento acerca de um artefato tangível seja aberto, viabilizando seu uso e modificação, não basta o resultado do produto seja disponibilizado; é preciso publicar o conteúdo que possibilitou a fabricação desse objeto. Tal reflexão acrescenta ao movimento aberto a importância da publicação dos formatos abertos e editáveis; dessa forma, um livro publicado em formato PDF, ou até mesmo impresso, mesmo que sob licença aberta, se não disponibiliza os arquivos fontes, não permite a modificação, na prática, dessa obra. Adicionalmente, é preciso uma permissão explícita para fabricação e

---

74 Para que estas liberdades sejam possíveis, não deve haver impedimentos legais para a fabricação do objeto. Isto é, o *hardware* em questão não deve estar sujeito a nenhuma patente; caso esteja, o dono desta patente, geralmente defensiva, deve publicamente permitir a fabricação do *hardware* (OSHWA, 2012a).

75 A documentação deve incluir arquivos digitais em formatos abertos, em versões passíveis de serem editadas e sob licenças abertas. Tal exigência é essencial para que terceiros possam modificar e fabricar o *hardware* (OSHWA, 2012a).



distribuição/comercialização, já que esses aspectos não são cobertos pelas licenças e podem estar sujeitos a patentes.

A contribuição do movimento de *hardware* de código aberto não altera a interpretação de conhecimento aberto da OKE, mas soma a essa noção a ideia de que o conhecimento sobre determinado produto não se resume aos produtos em si (como no caso dos *softwares* e arquivos de texto), por vezes é preciso de uma documentação detalhada para que ele possa ser, na prática, usado, estudado, modificado e distribuído.

Ambas as definições são limitadas às especificidades dos movimentos que as originam. Por serem voltadas para a estruturação de licenças e suas particularidades, não constroem uma unidade. Suas diferenças exemplificam o distanciamento que os diferentes movimentos têm entre si, deixando lacunas na compreensão do que é preciso para criar uma rede de conhecimentos abertos. A seguir serão apresentadas duas perspectivas que destacam as semelhanças dos movimentos, permitindo que se vislumbre outro elemento de sua coesão: a cultura do compartilhamento e da colaboração e a teoria dos Hiperobjetos.

### **3.3.1.2 Cultura do compartilhamento e da colaboração**

Nas seções anteriores, pouca atenção foi dada à um elemento central desses movimentos: as pessoas. São suas ideias e ações que fazem a abertura do conhecimento possível. Cada um dos movimentos tem proeminentes autores(as) e ativistas que buscam transcender as definições voltadas para as licenças e objetos, analisando as práticas e culturas como elemento central. A seguir serão brevemente apresentadas algumas das visões nas áreas da educação, cultura e ciência.

Pretto (2010) busca na cultura e ética *hacker* a fundamentação para as ações transformativas do código aberto. A história do movimento *hacker* se confunde com a do *software* livre, e trazem em comum a cultura criativa, que tem como principais valores o

compartilhamento, a colaboração e a descentralização (Pretto, 2010). O *software* livre, portanto, não trata apenas da publicação de códigos; é também sobre rever as práticas de desenvolvimento de tecnologia. Pretto invoca esses valores ao defender que também os REA não devem ser só conteúdo aberto, devem ser também uma cultura que transforma professores e estudantes criadores de conhecimento e cultura (Pretto, 2012).

Similarmente, Lessig (2004), na análise de importantes inovações culturais e tecnológicas do século XX, associa a cultura livre à cultura da pirataria. Para o autor, a possibilidade de livremente modificar e compartilhar as contribuições uns dos outros é uma prática natural e necessária para o saudável e orgânico desenvolvimento de uma cultura. A cultura da pirataria apenas é lida como criminosa, pois assim a classificaram o *lobby* da indústria cultural e tecnológica, por meio de rígidas leis de propriedade intelectual. Na análise da história recente, é possível identificar que a pirataria, em vez de desincentivar a inovação, foi, muitas vezes, o motor dela. Dessa forma, o autor centraliza na cultura livre as práticas de compartilhamento, modificações e livre distribuições de obras como as ações que unem esse grupo.

Já Lafuente e Estalella (2015) fundamentam a abertura na noção de bem comum. Os bens comuns são, antes de uma propriedade dos bens, um forma coletiva de gerenciar os recursos materiais e imateriais. Para os autores, a ciência aberta como um bem comum não é apenas uma ciência “para todos”, e sim “feita por todos”. Inspirado nas experiências do *software* livre, defendem que a ciência deve ser colaborativa para que a solução para problemas comuns seja alcançada coletivamente. Por isso, o conhecimento é construído a partir da experiência dos envolvidos, e sua validação é feita baseada nas consequências positivas que trazem para os afetados (Lafuente & Estalella, 2015). Dessa maneira, a abertura não é apenas a publicação aberta, ela exige a colaboração.

Essas abordagens fazem emergir do código aberto a prática da colaboração e do compartilhamento como elementos constitutivos desses movimentos. A documentação e a licença aberta não são meras burocracias, são ações que fortalecem e amplificam as possibilidades de colaboração. A elas é preciso acrescentar as ideologias e motivações que apontam na direção da abertura do conhecimento e motivam as pessoas que compõem as redes de colaboração e que produzem conhecimento aberto. Portanto, conhecimento aberto não é apenas conteúdo disponibilizado sob licenças abertas, é também uma cultura de colaboração e compartilhamento.

### 3.3.2 Hiperobjetos

Do movimento de *hardware* de código aberto, surge em 2015, proposto por Pezzi (2015), o conceito de Hiperobjetos, uma idealização de objeto que permitiria novas formas de propagação do conhecimento. Segundo Pierre Lévy (Pezzi, 2015), o meio ecológico no qual a informação, o conhecimento, e as representações se propagam é constituído das mentes humanas e das redes técnicas de armazenamento, transformação e transmissão das representações, como um idioma, ou a imprensa. Similarmente, o surgimento do movimento *código aberto* e a cultura de colaboratividade *online*, representadas, por exemplo, pelo surgimento da *World Wide Web* (WWW)<sup>76</sup> e da Wikipédia<sup>77</sup>, inauguraram novos e revolucionários meios ecológicos cognitivos de armazenamento, transformação e transmissão do conhecimento e da informação (Pezzi, 2015).

Da disseminação da filosofia e práticas dos movimentos de código aberto para além da *internet*, Pezzi defende ser possível nascer uma nova ecologia cognitiva, baseada não apenas

---

76 A WWW é um conjunto padrões e ferramentas de hipertextos usados até hoje nos *websites*. O primeiro *software* do WWW foi posto sob domínio público em 30 de Abril de 1993, por Tim Berners-Lee, no CERN (Organização Europeia para Pesquisa Nuclear). Inclusive, o primeiro *website* do mundo era dedicado ao próprio projeto da WWW (Giampietro, 2013).

77 O Wikipédia é um projeto uma enciclopédia multilíngue *online* de licença livre escrita colaborativamente. Atualmente o Wikipédia está sob administração da Fundação Wikimedia. Mais informações sobre a Wikipédia em seu *website* oficial: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Wikipédia>. Acessado em Julho de 2019.

nas tecnologias de informação, mas também nos conhecimentos acerca dos objetos em si. Os hiperobjetos têm o potencial de serem uma nova ecologia cognitiva baseada na disseminação dos conhecimentos associado a um objeto. Por isso, devem ter, de maneira similar aos hipertextos, ligações que os conectem aos conteúdos acerca de si, aos dados que produzem, as ferramentas, teorias e dados que o fundamentam, bem como elementos técnicos legais, tais como licenças abertas (Pezzi, 2015). São hiperobjetos os “*objetos ao qual se agregam ações e/ou conjuntos de informação*” (Pezzi, 2015, p. 178) que, assim como *hiperlinks*, permitem que o indivíduo navegue pela informação sobre um objeto.

Para isso, é preciso que os elementos de suporte, armazenamento e transmissão sejam adotadas por uma massa crítica capaz de utilizá-las para que sirvam ao desenvolvimento de uma nova ecologia. A *internet*, como ferramenta transformadora, passa a ser uma nova ecologia a medida que maiores parcelas da população passam a ter acesso e domínio sobre ela. Porém, tem seu potencial limitado a medida que o seu acesso passa a ser restrito a um número reduzido de plataformas. Por isso, uma infraestrutura acessível e adaptável é necessária para que os elementos que sustentam a ecologia cognitiva não sejam apropriados por grupos dominantes, e se mantenham abertos a população em geral (Pezzi, 2015).

Os hiperobjetos surgem da ligação entre as tecnologias e produtos e de suas documentações, e desses com outros hiperobjetos. Para a formação, e sustentação, de uma nova ecologia cognitiva, portanto, é preciso também que sejam tecnologias livres<sup>78</sup>, seguindo a lógica dos movimentos de código aberto. Assim, o livre acesso aos conteúdos dos hiperobjetos exige padrões legais de licenciamento e a publicação em formatos digitais abertos dos seus conteúdos textuais, de códigos, esquemáticos, desenho técnicos e teorias (Pezzi, 2015).

---

<sup>78</sup> Tecnologias livres, nesse contexto, abarca as tecnologias com documentação disponibilizada conforme os preceitos do código aberto, principalmente, mas não somente, o *hardware* de código aberto e o *software* livre/de código aberto.

De uma maneira simplificada, Pezzi et al. (2017) apresentam os hiperobjetos como representados na Figura 1: o produto da relação entre *hardwares* abertos e livres<sup>79</sup>, *softwares* livres e a documentações livres. As ferramentas livres são aquelas utilizadas no seu planejamento, desenvolvimento, fabricação e uso; a documentação livre é todo o material relacionado ao hiperobjeto publicado em conformidade com a definição de conhecimento aberto. Quando os três elementos estão presentes, um hiperobjeto se forma (Pezzi et al., 2017).

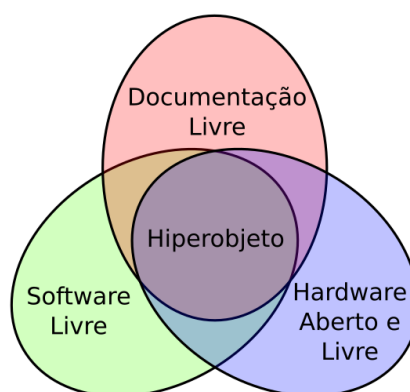


Figura 1: Representação dos hiperobjetos adaptado de Pezzi et al. (Pezzi et al., 2017).

A criação de hiperobjetos exige uma infraestrutura composta de mais hiperobjetos. Essa infraestrutura consiste de um conjunto de equipamentos e máquinas, do *software* ao *hardware*, necessários para o seu desenvolvimento e fabricação (Pezzi, 2015). A cadeia de hiperobjetos se faz necessária para que o conhecimento seja transmitido, sem barreiras proprietárias, por todas as etapas, da concepção ao uso. Por isso, tanto em seu desenvolvimento devem ser utilizados *softwares* livres (do desenho a simulação), quanto em sua materialização (Pezzi, 2015).

Os hiperobjetos fornecem elementos para a expansão da infraestrutura de criação, construção, disseminação, aplicação e materialização destes objetos. Contudo, Pezzi (2015) ressalta que ainda não existem disponíveis todas as máquinas e equipamentos de fabricação,

<sup>79</sup> Sinônimo para *hardware* de código aberto.

nem todos os *softwares* de desenho e simulação necessários para a fabricação de um hiperobjeto completo. Para isso, se faz necessários o desenvolvimento de máquinas de fabricação digital que sejam também hiperobjetos. A exemplo, as técnicas de fabricação digital se mostram favoráveis a propagação da informação, do código ao tangível, pois permitem a fabricação de artefatos tangíveis a partir de arquivos digitais, seja por métodos aditivos, seja por métodos subtrativos (Pezzi, 2015).

Pezzi (2015) destaca a importância das boas práticas de documentação, organização e disponibilização do conteúdo para que, de fato, o conhecimento se propague. Exemplos dessas práticas são projetos de *software* e *hardware* que usam ferramentas abertas de desenvolvimento, controle de versão, repositório de acesso público, *wikis* de documentação, fóruns e listas de *e-mails* para usuários e desenvolvedores e sistemas de gerenciamento de defeitos (Pezzi, 2015). Ao se considerar os aspectos dinâmicos e colaborativos da ciência e a importância do acesso ao conhecimento para a educação, os hiperobjetos científicos e educacionais se apresentam com alternativas ideias para as práticas científicas e educacionais (Pezzi, 2015). Um hiperobjeto pode apontar não só para seus manuais e guias de fabricação, mas para todo o conjunto de teorias, artigos, bases de dados, resultados experimentais, práticas didáticas ou protocolos científicos associados a eles. Ao integrar o virtual com o não virtual, os hiperobjetos científicos e educacionais são uma ponte entre o conhecimento e o indivíduo (Pezzi, 2015).

Das principais obras sobre o assunto (Pezzi, 2015; Pezzi et al., 2017), é direta a interpretação de que, para que as novas formas de transmissão e armazenamento do conhecimento apontadas por Pezzi sejam disseminadas, os hiperobjetos devem formar redes. Iniciando na ligação entre os objetos e a documentação, seguida das ligações internas da documentação e das ferramentas livres, redes de conexões entre hiperobjetos se formam. Desse modo, o hiperobjeto isolado representado na Figura 1 é insuficiente para a sustentação

de uma rede; é preciso que os hiperobjetos estejam ligados uns aos outros - seja servindo, produzindo, sustentando ou complementando.

Para melhor compreender essa concepção, será descrito uma complexa relação de hiperobjetos. Como base, serão analisados produtos do Centro de Tecnologia Acadêmico (CTA), laboratório da onde o conceito foi cunhado, em especial a estação meteorológica EMM<sup>80</sup> (Pezzi et al., 2017). Considera-se que a estação EMM tem uma dimensão de hiperobjeto pois é possível a construção, o estudo e a modificação desse produto sem a necessidade do uso de tecnologias proprietárias<sup>81</sup>. Em analogia, a estação é o objeto central da Figura 1, rodeada, ou sustentada, pelos *hardwares* de código aberto usados para seu desenvolvimento e fabricação (e.g. placa de prototipagem, Impressora 3D, Fresadora CNC), bem como pelos materiais de fácil acesso que podem ser montados manualmente; pelo uso de *software* livre em todas as etapas, do projeto à utilização (e.g. desenho de circuitos eletrônicos, modelagem 3D, desenhos gráficos, linguagens de programação); e pela extensa documentação aberta - desde os cadernos de laboratório até as instruções de montagem e uso.

Nessa análise abstrata, é possível mover a estação meteorológica estudada do centro da Figura 1 e passar a entender ela apenas como um *hardware* de código aberto. Como a infraestrutura de transferência e armazenamento dos dados são baseadas em linguagens e *softwares* livres, e a documentação - do desenvolvimento ao uso - estão disponíveis, os hiperobjetos passam então a ser os dados meteorológicos produzidos por ela. Da mesma maneira, os textos científicos publicados a partir dos seus dados poderiam estar centrados como hiperobjetos; ou parte da EMM também poderia estar, como os abrigos meteorológicos, ou a placa de controle.

Em um nível mais abstrato, o hiperobjeto em discussão pode ser o próprio CTA, representado pela cultura de trabalho e pelas relações dos seus membros. O uso de *softwares*

---

80 Detalhes de cada uma dessas partes pode ser encontrada na documentação oficial do projeto, disponível em: <http://cta.if.ufrgs.br/projects/estacao-meteorologica-modular/wiki>. Acessado em Outubro de 2020.

81 Exceto no uso ferramentas que não existem versões livres disponíveis como, por exemplo, os computadores.

livres para a comunicação entre os pares, o registro público dos encontros e atividades, as práticas de trabalho documentadas *online* e a análise da interação entre os membros<sup>82</sup> levam ao posto de hiperobjetos até mesmo aspectos abstratos e subjetivos como os mencionados. Em estudo etnográfico, Mega et al (2020) discute detalhadamente as características e práticas do laboratório.

Implícita na teoria está a importância das práticas, da cultura, e da filosofia dos movimentos de código aberto. As conexões entre os hiperobjetos não são de casualidade; há uma intenção explícita dos indivíduos envolvidos em fazê-los abertos e conectados. Sem essa motivação, o uso de tecnologias e documentação livres contribuem pontualmente para a ampliação da rede, mas não são o suficiente para sua sustentação. Portanto, a filosofia e as práticas de código aberto são, ao mesmo tempo, os nós e as linhas dessa malha de conhecimentos.

Por último, é importante ressaltar que hiperobjeto depende de contexto, ou de perspectiva. Um artefato tangível pode ser um hiperobjeto da perspectiva de um engenheiro eletricitista, a medida que tenha todos os esquemáticos dos circuitos disponíveis, e seja factível de ser fabricado (seja por uma técnica de solda convencional, seja por um método mais complexo). Porém, o mesmo objeto, da perspectiva de um físico pode não ser um hiperobjeto pois usa componentes eletrônicos (como circuitos integrados, capacitores, etc.) proprietários que não podem ser reproduzidos. Da perspectiva de impacto ambiental, por exemplo, um artefato pode não fornecer as informações relativas a origem dos seus componentes, aspectos de sua fabricação, nem as consequências do seu descarte, e, por isso, pode-se ter o entendimento de que o fluxo do conhecimento nesse sentido é barrado. É nessa lógica que se afirma que um objeto pode ser entendido como um hiperobjeto a depender do ponto de vista do observador.

---

82 A documentação do CTA encontra-se disponível no endereço <https://git.cta.if.ufrgs.br/suporte-cta/cta/wikis/home>. Acessado em Outubro de 2020.



Os Hiperobjetos podem também ser descritos, nos termos apresentados nessa seção, como uma rede de conhecimentos abertos, considerando nela todos os aspectos dos movimentos citados, construindo, assim, uma rede de códigos abertos. Objetos, práticas, documentação e licenças; hiperobjetos são as obras abertas que se ligam pela rede de *internet* e pela rede de pessoas.

No próximo capítulo será apresentado o estudo e resultados da articulação das teorias e concepções apresentadas nesse capítulo.

## **4 Estudo: como alternativas ao paradigma proprietário no ensino de ciências podem favorecer a educação emancipatória?**

No Estudo que segue serão usados os conceitos e noções apresentados no referencial teórico para entender como o conhecimento aberto pode ser uma alternativa ao paradigma proprietário no ensino de ciências que favoreça a educação emancipatória. Guiado pelas questões de pesquisa específicas, o estudo se inicia pelo conhecimento aberto como Hiperobjeto, seguindo então da sua interpretação a luz da TSC e sua relação com a escassez do conhecimento. Após isso, será feita uma aproximação teórica entre a TSC e a educação emancipatória; assim, pretende-se entender como essa forma de educação se relaciona com as desigualdades sociais baseadas no conhecimento e com a escassez do conhecimento. Partindo do discutido, a seção seguinte inicia o diálogo com o conhecimento aberto e a educação emancipatória. Então, os produtos das discussões apresentadas são relacionados à participação social na ciência e tecnologia (C&T) e a outras práticas como ciência cidadã e comunitária; por fim, o capítulo é concluído com discussões acerca da questão geral de pesquisa.

### **4.1 Qual a concepção de conhecimento aberto originada dos movimentos de código aberto?**

A seção 3.3 mostra que são muitas as abordagens do conhecimento aberto: as definições técnicas e discussões específicas de cada movimento, suas práticas e visões teóricas. A seguir, em resposta à questão I desta dissertação, serão discutidos como os elementos anteriormente apresentados originam uma concepção geral de conhecimento aberto. Primeiramente o conhecimento aberto será discutido no singular como composto por três partes – obra, documentação e licenças – ; após, será pensando no plural, como hiperobjetos abstratos de uma rede de conhecimentos abertos.

### 4.1.1 Conhecimento Aberto: obra, documentação e licenças

As discussões da seção 3.3 exemplificam como conhecimento aberto é entendido nos movimentos de código aberto. De maneira resumida, conhecimento refere-se a todo conteúdo e informação que representa um saber materializado - são dados, artigos, livros, códigos, esquemáticos, etc. É aberto se disponível publicamente (online) e com permissão legal e prática de que os conteúdos, e seus produtos, possam ser usados, modificados, reproduzidos, distribuídos e comercializados sem restrições tecnológicas ou sociais. Isto inclui que todo conteúdo deve estar disponibilizado em formato aberto e que possa ser executável por, pelo menos, um *software* livre - exceto quando não há uma versão livre disponível.

São três os elementos que compõem o conhecimento aberto: obra, documentação e licenças. As licenças fornecem apoio legal para que qualquer um possa usar, estudar, modificar, fabricar, comercializar e distribuir uma obra. São, portanto, essenciais para que as obras e documentações possam ser usadas, compartilhadas e modificadas sem consequências legais. Esse é o principal aspecto que diferencia a defesa de acesso e compartilhamento de conteúdo entre os movimentos de código aberto e os movimentos pró-pirataria (compartilhamento ilegal de conteúdos), ou ainda entre as práticas de compartilhamento de esquemáticos técnicos nas regiões industrializadas da China (Huang, 2017). Por exemplo, a plataforma online Sci-Hub, criada e mantida pela ativista e cientista Alexandra Elbakyan, viabiliza o acesso ilegal a mais de 70 mil artigos científicos (Monbiot, 2018). Compartilha com o movimento de Acesso Aberto a defesa pelo amplo acesso a artigos científicos; entretanto, não se limita a artigos publicados sob licenças abertas. Assim, apesar de disponibilizar conhecimento abertamente, não disponibiliza conhecimento aberto na concepção discutido no presente trabalho.

O segundo aspecto fundamental é a publicação da obra em si em um formato aberto. A obra<sup>83</sup> deve ser poder ser acessada sem restrições legais, tecnológicas e sociais – o que não implica possibilidade da sua comercialização. Quando a obra é um artefato tangível, como um circuito eletrônico, não é possível publicá-lo, restando apenas a opção do compartilhamento dos arquivos técnicos que o descrevem.

Apesar de a obra ser conhecimento materializado, não obrigatoriamente o conhecimento encorpado estará explícito. Se em alguns casos, como em um código de programação, o conhecimento está explícito e acessível, em outros, como em um circuito integrado, está implícito e é pouco acessível. Isto implica que, para que as liberdades de uma obra sejam possíveis no âmbito prático é necessário uma documentação completa disponibilizada publicamente.

A documentação de uma obra consiste em um conjunto de informações que descrevem o seu funcionamento e operação (como guias e manuais) e que permitam sua modificação e reprodução (como esquemáticos e desenhos técnicos). Diferentes espécies de obra necessitarão de diferentes informações. Para um *hardware*, por exemplos, costuma ser indispensável a lista de materiais, as instruções de uso, fabricação e montagem, os códigos, desenhos e esquemáticos para a fabricação digital ou manual (OSHWA, 2012b). A documentação exerce um papel crucial de associar o artefato produzido, tangível ou não, ao conhecimento associado a ele, e é essencial para tornar explícito e acessível o conhecimento implícito da qualquer obra. Consequentemente, se não há uma documentação robusta suficiente para que as liberdades sejam exercidas, a obra não pode ser considerada livre.

Uma documentação é sempre uma obra em si. Seja ela em um texto, ou um esquemático técnico, ou um código, ela será um conhecimento materializado. Assim, é evidente a necessidade de que a *documentação de uma obra de código aberto seja também*

---

83 O significado de “obra” mantém sendo o mesmo da Definição de Aberto da OKF:; obra é todo item ou parte do conhecimento materializada no formato digital (OSI, 2007).

*aberta*: além de estar disponível publicamente em formatos abertos, a documentação deve também ser licenciada sob licenças abertas.

Da mesma forma, uma obra é sempre parte da sua documentação. Sua relevância está em ser um exemplo completo de seu funcionamento: é fonte de informações sobre si mesma. Se a obra for um livro, por exemplo, não há muita documentação sobre si mesmo além de si mesmo. Caso seja um código, a obra é parte fundamental da sua documentação, e, muitas vezes, precisa de pouco material extra para que seu funcionamento seja descrito. Caso seja um componente eletrônico, é preciso uma documentação robusta para que seu uso, estudo, modificação e reprodução sejam possíveis – ainda assim, o componente é, quando sujeito aos experimentos adequados, uma fonte de informação sobre sua operação.

Em vista disso, os conceitos de obra e documentação podem ser considerados sinônimos, se diferenciando apenas pelas suas finalidades. Enquanto uma obra tem uma finalidade qualquer, uma documentação tem a finalidade de tornar acessível e compreensível o funcionamento, operação e fabricação da obra a qual se refere. Enquanto o termo “obra” se refere a produtos que são um fim em si próprios, como livros, músicas e códigos, o termo “documentação” se refere a conteúdos e informações referentes ao uso e reprodução da obra. *Assim, o conhecimento aberto pode ser entendido como o par complementar obra-documentação que se encontra publicado sob licenças abertas, e sem patentes a si associadas, sem restrições intencionais, sejam elas legais, tecnológicas ou econômicas.*

O conjunto de técnicas e conhecimentos prévios exigidos para a interpretação da documentação e o uso da obra podem ser de tal forma complexas que sejam barreiras para que se exerçam as liberdades. Ainda assim, não são parâmetros considerados na noção de conhecimento aberto. A exemplo, o projeto *White Rabbit*, do CERN, é considerado pela sua comunidade um *hardware* aberto, ou seja, além das licenças abertas há disponibilizado publicamente uma extensa documentação. Este projeto consiste em um sistema de

sincronização de relógios para sistemas grandes e distribuídos (podendo chegar a 400 km de extensão) com exatidão de nanosegundos e precisão de picosegundos (Lipinski et al., 2018a). Apesar de aberto, sua complexidade é tal que não se espera que “qualquer um” seja capaz de - nem tenha os recursos necessários para - usar, modificar nem distribuir tal equipamento.

Similarmente, ao se considerar a internacionalização da comunidade de código aberto, para que “qualquer um” possa replicar “qualquer obra” seria necessário pesar as diferentes realidades dos diferentes países e comunidades envolvidas. O desenvolvimento de uma obra tão inclusiva levaria a estagnação do projeto, pois diferentes comunidades têm diferentes necessidades que podem, inclusive, ser conflitantes. Alternativamente, poderia ser exigido que todos os conhecimentos prévios associados a obra fossem disponibilizados. Entretanto, a infinidade de conhecimentos científicos, técnicos e práticos que podem ser associados a uma obra complexa - por exemplo, o *White Rabbit* (Lipinski et al., 2018b), mencionado anteriormente - tornam tal atividade inviável. Não é, portanto, razoável reivindicar que uma obra livre deva ser de fácil compreensão e replicação para *qualquer um*.

Sem dúvidas, esta definição de conhecimento aberto está atrelada explicitamente a um contexto tecnológico e legal específico. É considerado o acesso à *internet* e a produção de obras em formatos digitais como condições básicas para o conhecimento aberto. Similarmente, é considerado um sistema jurídico baseado na propriedade intelectual que compreende o uso de licenças. Para fins deste trabalho, serão considerados apenas conhecimentos que podem ser traduzidos em formato digital e passíveis de serem licenciados. Além disso, não será feita uma reflexão aprofundada sobre o acesso as ferramentas que dão acesso ao conhecimento e as diferenças linguísticas, de idioma, de alfabetização, culturais, de classe, gênero, etnia, nem de habilidades técnicas – tal como o uso do computador - que agem como barreira a esse acesso.

## 4.1.2 Conhecimento Aberto como Hiperobjeto

Ainda que originalmente escrito para ampliar o conceito de *hardware* aberto e livre, também obras, artigos, recursos educacionais e processos podem ser entendidos como hiperobjetos. Assim, é possível ampliar a percepção ao ponto de compreender que qualquer conhecimento aberto pode ser interpretado como um hiperobjeto. Ao serem interpretados da perspectiva dos hiperobjetos, os conhecimentos abertos deixam de ser obras isoladas, e passam a compor uma rede que os conecta. De certa forma, essa visão já está incorporada nos movimentos de código aberto - como explicitado, por exemplo, na exigência de que a documentação inclua arquivos em formato aberto, ou seja, executáveis por *softwares* livres. Contudo, essa nova leitura faz emergir da invisibilidade justamente as relações entre diferentes obras de conhecimento aberto. Em especial, traz atenção para a importância da infraestrutura de produção e compartilhamento livre para além das etapas digitais e para os vínculos entre os movimentos de código aberto.

*Assim, um conhecimento aberto, quando analisado da perspectiva dos hiperobjetos, busca não só ter disponibilizado sua documentação e licença; busca também no seu uso, estudo, modificação, desenvolvimento e fabricação estejam envolvidos tantas outras obras, conteúdos e tecnologias<sup>84</sup> de código aberto quanto possíveis; busca que os conhecimentos abertos estejam interligados. Quanto maior a facilidade de trânsito entre os conhecimentos,*

---

84 Por tecnologias, nesse contexto, entende-se ferramentas e instrumentos, materiais e digitais, que são meios de realizar uma tarefa, seja ela de comunicação, engenharia, científica, artística, ou qualquer outro tipo. As definições de tecnologia, e técnica, são múltiplas e controversas, estando, portanto, em aberto (Bazzo et al., 2008). Tal concepção não tem como objetivo descrever uma tecnologia autônoma e neutra, apesar desses aspectos não serem discutido nesse trabalho; tampouco a separação visa distanciar a técnica do seu entorno sociocultural. Uma separação entre os saberes vinculados com uma tecnologia e a tecnologia materializada é evocada aqui apenas para facilitar a discussão, não sendo, portanto, definitiva. Tem como objetivo diferenciar o que é meio de produção do que é um produto em si. Por exemplo, é evidente que uma teoria sociológica, como a TSC, é uma ferramenta de análise da sociedade. Contudo, um livro sobre a TSC não é, em si, a ferramenta de análise, mas a descrição materializada da apropriação intelectual dos seus autores. Ao contrário, um equipamento médico de raio-X não é a descrição da apropriação intelectual de seus fabricantes e inventores, mas um resultado dela que é meio de produção de dados. Assim, a expressão “tecnologia”, nesse trabalho, estará sempre associada à ferramenta que permite a produção ou modificação de obras como conteúdos, dados, objetos físicos e até mesmo de outras tecnologias.

maior o fluxo de conexões da rede; para isso, o processo de maneira geral deve ser o mais livre possível, ou seja, maximizar o uso de tecnologias livres e práticas de código aberto e ciência aberta. Como discutido anteriormente, o hiperobjeto é entendido como um conceito utópico, o qual nunca será plenamente alcançado; por isso, o estado de hiperobjeto será sempre incompleto, subordinado as condições contextuais.

O segundo elemento incorporado pela teoria dos hiperobjetos, a partir da interpretação apresentada anteriormente, são as práticas de código aberto, como desdobramentos da filosofia dos movimentos. A partir do apresentado na seção 3.3, entende-se que a filosofia dos movimentos de código aberto compartilha do princípio de que sua metodologia de produção e distribuição do conhecimento é mais eficiente. Contudo, não se resume a isso; sua ideologia se baseia na ideia de que as quatro liberdades favorecem que indivíduos e coletivos possam se apropriar dos conhecimentos e ferramentas tecnológicas, possibilitando que construam alternativas às opções hegemônicas e que estejam menos sujeitos à dependência de monopólios.

A prática envolve também a cultura de compartilhamento e colaboração entres os pares, o que possibilita a criação de obras e saberes mais alinhados às necessidades e vontades de diferentes grupos de pessoas. Ao ser aliada à concepção de hiperobjetos, compreende-se também o entendimento de que, para que esses objetivos sejam alcançados, a rede de conhecimentos abertos deve ser ampla, diversa e distribuída. É, principalmente, mais do que uma lista de tarefas; é uma cultura de práticas e hábitos. O compartilhamento legal, a criatividade e vontade de ação *hacker* e a gestão colaborativa do conhecimento são partes que sustentam a rede de conhecimentos abertos; mesmo que nem todos os projetos tenham essas características, a existência deles como cultura do movimento são parte do que mantém o conhecimento sendo aberto, distribuído e em constante desenvolvimento.



Para além da operação de tecnologias, a produção e o compartilhamento de conhecimento aberto envolvem diferentes formas de se relacionar com os pares e obras. Sejam essas formas baseadas na cultura *hackers*, ou na da pirataria, ou na dos comuns, ao inverter a lógica da propriedade intelectual e priorizar a colaboração, novas formas de se relacionar com os produtos e com as pessoas são concebidas. Assim, as metodologias de trabalho, as relações entre as pessoas envolvidas - os *hardwares* indispensáveis nesse processo -, e até mesmo a organização dos próprios movimentos de código aberto são, em especial quando transformados em conhecimento aberto, parte integrante dessa rede.

A partir do discutido, entende-se que os movimentos de código aberto podem ser divididos em três camadas: filosofia, práticas e ferramentas. A filosofia de código aberto é marcada pela defesa da disponibilização aberta de conteúdos, obras e ferramentas e pelas liberdades de uso, modificação e distribuição dessas. Quanto às práticas, destacam-se a documentação e o licenciamento das obras, bem como a cultura do compartilhamento e da colaboração. As ferramentas (dados, *softwares*, equipamentos, etc.) são por vezes invisíveis, como em obras de textos e artigos científicos, mas podem também ser o objeto central, como no caso das tecnologias livres; independente disso, são as diversas ferramentas (livres) que permitem a abertura, licenciamento e documentação das obras. Assim, a produção de conhecimento aberto passa pela adoção, em diferentes níveis, da filosofia, práticas e ferramentas dos movimentos de código aberto; sem esses elementos, corre-se o risco de que o conhecimento aberto se torne um *link* quebrado, ou, isolado, da rede de hiperobjetos.

A partir do discutido, é evidente que a concepção de conhecimento aberto originada dos movimentos de código aberto é mais ampla do que a apresentada na definição da OKF (OKF, 2015). O conhecimento aberto é, em resposta direta a questão I desta dissertação, um conjunto obra-documentação-licença imerso em uma rede de outros conhecimentos abertos, sustentados pelas filosofias, práticas e ferramentas dos movimentos de código aberto. Como

hiperobjeto, transcende as fronteiras disciplinares e passa a se constituir em uma rede de saberes livres que ligam práticas, equipamentos, ideologias e conteúdos; sempre, em seu aspecto técnico e legal, disponível publicamente sob licenças abertas, sem restrições intencionais, sejam elas legais, tecnológicas ou econômicas.

## **4.2 As implicações do conhecimento aberto para acesso ao conhecimento em uma sociedade do conhecimento: abertura e escassez**

Antes de propor uma reflexão sobre como o conhecimento aberto pode contribuir com uma educação emancipatória, será analisado como o conhecimento aberto se relaciona com a escassez do conhecimento debatida na TSC. Pretende-se, assim, compreender os pontos levantados na questão II, ou seja, quais podem ser as consequências na sociedade, pela leitura da TSC, em especial em relação ao acesso ao conhecimento, de uma ampliação da adoção da cultura de código aberto.

Da perspectiva da TSC, conhecimento é capacidade de ação. Por isso, reconhece-se a obrigatoriedade da participação humana no ato de conhecer - uma relação entre um indivíduo, ou coletivo, e aquilo a ser conhecido. O que no senso comum é entendido como “conhecimento” é, dessa visão, a apropriação intelectual materializada; são as capacidades de ação traduzidas em representações simbólicas<sup>85</sup>. São registros textuais, simbólicos, visuais, etc. e também tecnologias que materializem, em certa medida, saberes individuais ou coletivos, formando então reservas de saberes sobre a natureza, sociedade e cultura.

Conhecimento aberto, como tratado anteriormente, pode ser entendido, nos termos da TSC, como reservas públicas (sob licenças abertas) da apropriação intelectual materializada. Não são, portanto, uma capacidade de ação “livre”, ou “aberta”. A necessidade da participação humana no ato de conhecer retira do conhecimento objetificado a responsabilidade pela ação.

---

<sup>85</sup> Inclui-se também a comunicação por meio, por exemplo, da oralidade ou da linguagem de sinais.

Invariavelmente será necessário que um humano interaja com ele para que ele se torne capacidade de ação. As liberdades provocadas pelo conhecimento aberto, portanto, são fruto da disponibilização, da ampliação do acesso, das formas materializadas do conhecimento. A ampliação do acesso a conteúdos e tecnologias, contudo, não deve ser menosprezado: *apesar de não serem, em si, capacidades de ação, ampliam as possibilidades de que as capacidades se efetivem como ação* - em especial no caso das tecnologias livres, que, por vezes, são ferramentas necessárias à ação – e favorece a formação de comunidades de usuários e desenvolvedores.

As tecnologias, como mencionado, são também objetificações do conhecimento. Incorporam, em diferentes medidas, o conhecimento que resulta na sua própria produção, mas também da produção de novos produtos – materiais ou digitais – e saberes. Em muitos casos, contudo, os conhecimentos que as envolvem, principalmente as técnicas e processos, não estão objetificados, estando sob domínio apenas de técnicos e especialistas envolvidos nas práticas que resultam na sua fabricação/desenvolvimento ou operação (Adolf & Stehr, 2017).

A cultura da documentação busca sanar essa problemática maximizando o conteúdo disponível sobre a obra criada (seja um equipamento, um experimento, ou um livro). Com isso, busca-se diminuir a parcela da obra que depende dos indivíduos envolvidos na sua criação. Ainda assim, a materialização de parte desses saberes é muito complexa, se não impossível, pois está intimamente relacionada com a prática, ou são os conhecimentos necessários para sua interpretação (Adolf & Stehr, 2017). Por isso, o cultivo das comunidades de apoio técnico - geralmente por meio de fóruns virtuais –, ao possibilitar a formação de espaços de trocas de saberes e experiências, diminui as distâncias entre os aprendizes e os especialistas que detém os saberes práticos.

Os conhecimentos científicos e tecnológicos são geralmente dependentes de complexas e sofisticadas habilidades cognitivas. Essas habilidades são, em si, barreiras para a

disseminação desses conhecimentos, fazendo com que, em alguns casos, sua propagação seja mais cara e complicada do que a sua produção. Dessa afirmação, os autores levantam o questionamento do quanto a reprodução do conhecimento tecnológica e científico, pode ser separado da sua produção (Adolf & Stehr, 2017). Os conhecimentos abertos, em especial os REA, contribuem na diminuição dessa barreira ao facilitarem que sejam desenvolvidas diferentes habilidades tecnológicas e científicas - justamente aquelas que são responsáveis por parte da escassez do conhecimento. Apenas a disponibilização pública de conteúdos pode não ser o suficiente pois a falta de habilidades interpretativas adequadas para sua apropriação. Também a produção de conhecimento, principalmente científico e tecnológico, está ligada ao domínio dessas habilidades. Elas são também capacidades de ação interpretativas e analíticas, ou técnicas (matemáticas, computacionais, etc.), necessárias também para a produção de conhecimento científico e tecnológico (Adolf & Stehr, 2017).

Outro fator da escassez é o conhecimento incremental. Como descrito por Stehr, esse conhecimento é adicional ao conjunto de conhecimentos gerais. Apesar de não especificar qual conjunto de conhecimentos gerais se refere, a interpretação adotada no texto é de que é o conjunto de conhecimentos compartilhados por determinado grupo. Então, o conjunto geral de conhecimentos pode ser diferente em diferentes contextos. Dessa perspectiva, o que é entendido como conhecimento incremental para um grupo, pode ser conhecimento geral para outro. Num mesmo grupo, aqueles que tiverem acesso, ou domínio, do conhecimento adicional tem vantagem sobre os outros, podendo ela ser política ou econômica. Quanto maior o recorte de um grupo, menor o conjunto de conhecimentos gerais, e mais poder a vantagem do conhecimento adicional representará. Por exemplo, se forem considerados em um mesmo grupo todas as empresas de sapatos de um mesmo país, aquelas que acumulam conhecimentos incrementais aos gerais compartilhados entre elas terão uma vantagem competitiva em relação

às outras. Pelo seu caráter de novidade, o conhecimento incremental é sempre escasso no seu contexto, deixando de ser apenas quando é incorporado aos conhecimentos gerais.

A contribuição dos conhecimentos abertos à diminuição dessa escassez é inerente ao ser aberto, público e documentado. A disseminação do conhecimento, dentro de um determinado contexto, é mais veloz se as tecnologias envolvidas são também tecnologias livres - ou, pelos menos, tecnologias de fácil acesso -, e se as habilidades cognitivas envolvidas não são, elas próprias, consideradas incrementais. Uma nova técnica de extração de DNA, por exemplo, será um conhecimento incremental enquanto não for de conhecimento geral dos pesquisadores da área. Quanto mais detalhada for sua documentação, e mais acessíveis forem os insumos e equipamentos necessários para sua implementação, mais rapidamente ela será incorporada nos conhecimentos gerais de biologia molecular. Contudo, para pessoas e grupos que não estão, de maneira geral, envolvidos na área, todos os conhecimentos de biologia molecular serão conhecimentos incrementais.

A facilidade da disseminação das tecnologias livres cria oportunidades para o desenvolvimento de habilidades antes escassas. Antes do início do século, as técnicas e tecnologias de manufatura aditiva de plástico, conhecidas como impressão 3D, eram desconhecidas e não acessíveis para o público de uma maneira geral. Os conhecimentos para fabricação, operação e manutenção dessas tecnologias não faziam parte dos conhecimentos gerais dos mais diversos contextos, mesmo os técnicos; eram conhecimentos incrementais. Atualmente, o cenário é completamente distinto: a impressão 3D é assunto conhecido. Por exemplo, profissionais, e até mesmo estudantes, de engenharia que desejam construir uma impressora podem, superando barreiras financeiras, fazê-la ou até mesmo comprá-la - fato que era antes impossível dados o alto custo e inexistência de conteúdos publicamente disponíveis sobre o assunto. A disseminação das impressoras 3D não se deu por acaso: a queda de diversas patentes envolvendo seus processos (Schoffer, 2016) e a consolidação de uma

impressora 3D de código aberto (Jones et al., 2011) estão no centro do crescimento de fabricantes e usuários, profissionais ou amadores, do equipamento.

A ampliação do acesso a essa tecnologia conduziu à ampliação da apropriação das habilidades técnicas que a envolvem. Isso resultou na descentralização da fabricação, levando para novos contextos esses saberes. Conhecimentos antes considerados incrementais em contextos específicos passam a ser conhecimentos gerais. Ampliou-se também o domínio de habilidades cognitivas complexas, como eletrônica e mecânica, que, mesmo que não fossem incrementais, não necessariamente eram dominadas por esses indivíduos. Foi a possibilidade legal de fabricação e comercialização da tecnologia, aliada a disponibilização de conteúdo técnico sobre o assunto – fortalecida pela forte comunidade virtual formada nesse processo – que iniciaram, e mantém, o processo de apropriação coletiva dos conhecimentos sobre o assunto. *Portanto, as tecnologias livres não são apenas ferramentas de baixo custo, são também os meios pelos quais habilidades cognitivas podem ser desenvolvidas e aprimoradas, e envolvem em si a apropriação de conhecimentos adicionais, diminuindo sua escassez.*

Reflexão similar pode ser feita para conhecimentos que não envolvem tecnologias, ou que envolvem tecnologias disseminadas e acessíveis. Por exemplo, a publicação de artigos científicos em acesso aberto amplia a disponibilização de novos conhecimentos, favorecendo grupos de pesquisa com poucos recursos. De maneira similar, projetos como o Wikipédia ou a disponibilização em *Creative Commons* de livros didáticos contribuem para a apropriação de conhecimentos que, em determinados contextos, são escassos.

Para ambos os casos - conhecimentos que envolvem o uso de tecnologias ou não -, partindo da escassez e da desigualdade de habilidades interpretativas para a mobilização de conhecimentos abertos, uma maior disponibilidade de conhecimento pode amplificar as desigualdades sociais já existentes, favorecendo ainda mais grupos de pessoas que têm acesso às ferramentas e habilidades necessárias para mobilizar os conhecimentos abertos – em

especial aquelas que já têm vantagens sociais decorrentes de, por exemplo, classe, gênero, raça ou etnia. Ainda considerando a escassez de habilidades cognitivas, a disponibilidade de conhecimento aberto pode agravar as desigualdades sociais quando mobilizados de maneira a por a vida das pessoas em risco. Por exemplo, conhecimentos e tecnologias acerca de radiografia: apesar da possibilidade de pessoas terem mais acesso a exames médicos ser positivo, se feito com equipamentos não seguros, ou com falhas de operação e fabricação, põem a vida de trabalhadores e pacientes em risco; assim, a indiscriminada abertura de conhecimento não tem apenas consequências positivas.

No que tange produção de conhecimento científico e tecnológico, os conhecimentos abertos contribuem para sua descentralização diminuindo as distâncias entre pesquisadores e desenvolvedores de maneira similar à discutida nos exemplos acima. Quanto mais equipamentos científicos abertos disponíveis, menor a distância entre grupos de pesquisa de diferentes condições econômicas, pois menos recursos serão necessários para adquirir um equipamento de qualidade. Adicionalmente, a descentralização da produção, possibilitada pelo caráter aberto, descentraliza também a possibilidade de manutenção. A apropriação local desses conhecimentos – a as liberdades legais - favorece que sejam adaptados para necessidades específicas de pesquisas, diversificando suas possibilidades, ou para necessidades contextuais específicas, como acesso limitado a determinados recursos. De maneira similar, a disponibilização de dados abertos permite que diferentes pesquisas sejam feitas baseadas nos mesmos conjuntos de dados, de maneira similar a vantagens apresentadas pelas tecnologias livres.

A partir do exposto, em relação a primeira questão específica proposta, é possível concluir que as práticas, filosofias e ferramentas dos movimentos de código aberto - resumida aqui como a publicação aberta de conteúdos e a formação de comunidades de usuários e desenvolvedores - cria um oásis de conhecimentos (objetificados e práticos) que contribuem

para sua maior disseminação. Essa cultura diminui a escassez dos conhecimentos incrementais e atenua barreiras para a formação de habilidades interpretativas e técnicas, ampliando assim as possibilidades de ação. Fazem isso pois inicialmente, devido ao seu baixo custo de acesso à conteúdos e de aquisição de ferramentas – ou ainda a possibilidade de produção descentralizada ou artesanal/amadora - aumentam a parcela de pessoas que podem acessá-los; em seguida, devido ao suporte das comunidades de apoio mútuo que geralmente se formam em torno de ferramentas e práticas; e, por último, por possibilitar o desenvolvimento de habilidades na prática do uso/aplicação e aprimoramento de uma tecnologia, ou saber.

Apesar de o conhecimento ser a força produtiva de maior influência das sociedades do conhecimento (Stehr, 2018), a *distribuição* de conhecimento aberto não equivale a distribuição das riquezas, nem de terras, nem de direitos; não resulta, então, na dissolução das desigualdades sociais. Um aumento da disponibilização de conteúdos e tecnologias não resulta em um direto aumento das capacidades de ação: agem ainda outras formas de poder e estratificação que dificultam o acesso e apropriação deles. Ainda assim, contribuem para o aumento do poder social a medida que descentralizam e diversificam o domínio na produção, acesso e uso do conhecimento de interesse social. Como será discutido na próxima seção, para se alcançar isso, o conhecimento aberto não pode ser resumido ao conhecimento técnico, nem ao acesso material ao conteúdo; é preciso ser aliado à consciência das situações de injustiça e ao engajamento na superação delas.

### **4.3 Educação emancipatória nas Sociedades do Conhecimento<sup>86</sup>**

Para entender como a incorporação de práticas, filosofias e ferramentas do movimento de código aberto no ensino de ciências e tecnologia pode contribuir para a educação

<sup>86</sup> As ideias apresentadas nessa seção ampliam para os demais movimentos de código aberto as discussões voltadas para os REA iniciada no artigo “Educação nas Sociedades do Conhecimento: o uso de Recursos Educacionais Abertos para o desenvolvimento de Capacidades de Ação Emancipatórias”, aceito para publicação na Educação em Revista UFMG (Freitas et al., no prelo-b).



emancipatória, essa será, inicialmente, estudada da perspectiva da TSC. Em outros termos, como levantado na questão específica III, considerando uma leitura da sociedade como uma do conhecimento, quais são as características e que novos aspectos podem ser incorporados à educação emancipatória para se alcançar seus objetivos libertários?

Segundo a TSC, o conhecimento<sup>87</sup> exerce importante influência na modulação das desigualdades sociais. Por isso, todo conhecimento que diminua a vulnerabilidade ou proteja indivíduos e/ou grupos são competências sociais que contribuem de uma forma direta e imediata nas oportunidades de vida de indivíduos e grupos. A teoria também destaca a vantagem competitiva dos que detém conhecimentos escassos, em especial os científicos e tecnológicos. Stehr não aponta se uma maior “distribuição” de competências sociais e uma menor escassez do conhecimento poderiam contribuir para mitigar as desigualdades sociais; contudo, a influência direta na vida das pessoas desses elementos indica que são etapas desse caminho.

Na lógica da educação emancipatória, a burocratização das mentes, descrita por Freire (1996), padroniza tanto as formas de pensar, alienando as pessoas, quanto as formas de resistência e superação das injustiças, formatando o pensamento em um padrão de conformismo perante as injustiças e na crença de uma imutabilidade da sociedade e de um futuro fatalístico já determinado (Freire, 1996). As competências sociais podem igualmente ser entendidas por esse viés domesticado; dessa perspectiva, não há superação das desigualdades, apenas formas de evitar, desviar, se proteger, do fatalístico destino daqueles em situações de vulnerabilidade sociais e econômicas. Para que desigualdades sejam superadas, ou para que sejam dribladas de uma perspectiva não fatalística, as competências sociais devem ser analisadas de um viés transformativo e esperançoso, e seguir um caminho

---

<sup>87</sup> Conhecimento, sendo capacidade de ação, inclui todo tipo de saber e prática, seja ciência, poesia, tecnologia, ou saberes populares. Podem ser saberes formalizados em livros, coletivos como a ciência, ou empíricos da vivência individual; podem ser práticas legalizadas, ou ilegais, éticas, ou antiéticas.

de ação transformativa fundamentado na consciência das situações de injustiça e no engajamento com a própria emancipação, um caminho de desburocratização das mentes.

Segundo Freire (1996), esse caminho se trilha na tomada de consciência de que somos inacabados e condicionados e de que, por isso, podemos criar e recriar nossas realidades. Essas consciências são formas de conhecimento, são saberes sobre o que é ser humano, sobre o contexto social, histórico, cultural e biológico de cada indivíduo e coletivo, e sobre a possibilidade e os meios de intervir no mundo. São também competências sociais que podem ser mobilizadas para a proteção e evitação, mas que visam também a superação das situações de vulnerabilidade. Esses conhecimentos compõem um conjunto de capacidades de ação que são emancipatórias.

A tomada de consciência do ser condicionado e inacabado, das situações de injustiça, a curiosidade epistemológica, a autonomia responsável, o saber ser mais e o engajamento e pensamento críticos são capacidades de ação essenciais para a superação das situações de injustiça. A elas, contudo, é preciso associar as capacidades de ação de intervenção no mundo, sejam elas políticas, científicas, etc. Nessa dialogicidade entra a ação e a reflexão, forma-se um conjunto de conhecimentos que envolvem tanto a manipulação da realidade concreta - como conhecimentos práticos de engenharia -, quanto a manipulação da realidade teórica e reflexiva.

A esses saberes e práticas será dado, no presente trabalho, o nome de *Capacidade de Ação Emancipatória* (CAE). As capacidades de ação emancipatórias são os conjuntos de competências sociais que, para além da *proteção* e da *evitação*, possibilitam também a *criação* e a *transformação*, ambas na direção da humanização e libertação. Esses conhecimentos são emancipatórios a medida que, uma vez internalizados, aprendidos, pelos indivíduos e grupos, podem ser mobilizados para que eles se emancipem, ou seja, se libertem das situações-limite que freiam e restringem suas ações.

Enquanto às competências sociais apresentadas por Stehr moldam as classes sociais a partir da capacidade dos indivíduos de se protegerem das flutuações do mercado e de evitarem situações de vulnerabilidade, as capacidades de ação emancipatórias são competências sociais que tem como objetivo ampliar o domínio dos indivíduos sobre as oportunidades e opções de vida. Não eliminam por completo as situações-limite, mas colaboram para que limitações geradas pela subjugação a elas sejam dribladas, ou pelo menos momentaneamente, localmente, superadas. De maneira objetiva, definimos as *capacidades de ação emancipatórias como o conjunto contextual de conhecimentos, entendidos como capacidades de ação, necessários para que o indivíduo (ou grupo) desconstrua, de forma autônoma e consciente, dependências cognitivas e materiais decorrentes de injustiças sociais.*

Estes conhecimentos envolvem a capacidade dos indivíduos e grupos de desenvolverem suas próprias maneiras de criar novos conhecimento, práticas e tecnologias, assim como a capacidade de se apropriar dos conhecimentos, práticas e tecnologias hegemônicos - principalmente aqueles associados à ciência e tecnologias modernas. É, então, a capacidade do indivíduo de mobilizar conhecimentos que o façam depender menos de grandes corporações, instituições e governos, e também que o deixem menos vulnerável à dominação desses. Se emancipar, portanto, é ser capaz de solucionar problemas usando ferramentas, saberes tradicionais e hegemônicos, mas também de criar e perpetuar soluções não convencionais; é entender o contexto em que se vive, e ser capaz de tomar decisões baseado nisso; é saber relacionar cultura, práticas e teorias para identificar a origem das suas limitações, e poder se libertar delas; permitem o indivíduo e grupos a agirem sobre o seu mundo, o modificando de forma ativa, consciente e autônoma, transformando não só a sua realidade, mas a do seu entorno também.

As capacidades de ação emancipatórias são autônomas, mas não individualistas. A mobilização de recursos materiais, por exemplo, frequentemente exige a mediação de outras

peessoas, responsáveis pela extração ou produção desses recursos. A capacidade de ação emancipatória dá ao indivíduo maior capacidade de buscar recursos mais abundantes em sua região, ou que necessitam de menos atravessadores; soluções que necessitem o mínimo possível de infraestruturas energéticas e computacional que fogem do seu controle (por serem de responsabilidade/domínio de grupos internacionais/externos que não participam das mesmas comunidades do indivíduo). Assim, essa competência inclui a capacidade de se emancipar por meio da organização coletiva; por exemplo, a capacidade de ter gerência sobre a própria rede de *internet*, ou de servidores, ou sobre a produção de energia e alimento, mais amplamente discutido na seção 4.4.

Para que o conceito seja melhor compreendido, será discutido no exemplo a seguir como as práticas, conteúdos e técnicas convencionais de cursos de engenharia, associados à consciência das situações-limite engajamento na própria emancipação, podem ser capacidades de ação emancipatórias mobilizadas para que a realidade de injustiça seja, em certa medida, superada.

O projeto Afro Engenharia (Burtet, 2019) iniciou em 2015, no Rio de Janeiro, por um então estudante de engenharia da computação também envolvido com a produção de audiovisual. Os equipamentos de audiovisual tradicionais são caros e todos pretos, com a justificativa de não distrair os atores. Segundo seu relato, além da dificuldade financeira de obtê-los, os equipamentos escuros, conduzidos por corpos pretos, podem facilmente ser confundidos com armas, e, seus operadores, confundidos com bandidos, resultando no seu assassinato “acidental”.

Seu receio se baseia em fatos: segundo levantamento do Instituto de Segurança Pública do Rio de Janeiro, 78% das pessoas mortas em 2019 em intervenções policiais, no estado do Rio de Janeiro, são pretos e pardos (Rodrigues & Coelho, 2020). Entre os mortos estão pessoas que não estavam diretamente envolvidas no conflito, mas que foram vítimas do

racismo policial; são exemplos Rodrigo Alexandre da Silva Serrano, de 26 anos, assassinado por ter seu guarda-chuva confundido com uma arma (e.g. Moura, 2018, p.), e João Victor Dias Braga, de 22 anos, que foi assassinado por ter sua furadeira confundida com um revólver (e.g. Notícia Preta, 2019). Em ambos os casos os objetos segurados pelas pessoas foram motivação e justificção para encobrir as ações racistas. Na busca por evitar essas situações de violência, o projeto Afro Engenharia buscou alterar aspectos tecnológicos e estéticos de seus produtos, contribuindo não só para o seu crescimento de mercado, mas contribuindo com todo o seu entorno (Burtet, 2019).

Fazendo uma leitura dos relatos e discussões apresentadas por Burtet (2019), a partir dos referenciais deste trabalho, as seguintes interpretações surgem. O projeto envolveu conhecimentos técnicos e práticos em modelagem e impressão 3D, mecânica, eletrônica embarcada e programação, e também a consciência da violência direcionada pela polícia aos corpos racializados, postos em situações suspeitas devido ao racismo ambiental/estrutural. As capacidades técnicas e práticas o permitiram agir na construção de soluções que o direcionam a uma emancipação, ou seja, as capacidades técnicas foram reificadas como capacidades de ação emancipatórias; indicando que os conteúdos escolares e universitários, importantes para a formação técnica e profissional dos estudantes, não estão limitados à reprodução da ideologia dominante, pois têm importante papel na ampliação das formas de intervenção no mundo; são, portanto, mesclados às tomadas de consciência.

Além da possibilidade de negócio próprio, ao ser o produtor da tecnologia, trouxe a produção e distribuição do conhecimento incremental para o seu contexto, para o seu local. Adicionalmente, o baixo custo criou possibilidades materiais, enquanto a nova estética dos produtos criou condições sociais para novas transformações do mundo. Ao criar um equipamento de baixo custo e mais seguro, o estudante transformou a realidade das pessoas ao

seu redor, criando novas possibilidades de intervenção por meio, por exemplo, da produção cultural.

A produção de conhecimento, para ser contextual, deve partir da compreensão do que constitui esse contextual, ou seja, do que o condiciona. A consciência de ser condicionado, como identificado nas falas apresentadas, é também uma capacidade de ação, e permitiu o jovem entender que aspectos sociais, históricos, culturais e biológicos limitam sua ação; mas, sendo esperançoso, acreditou ser capaz de intervir no mundo de forma a mudá-lo, construindo maior autonomia para, nesse caso, a produção de conteúdo audiovisual.

Como expõem o estudante (Burtet, 2019), a motivação do projeto não foi unicamente a vontade de produzir conteúdo, mas a consciência de que há pouco conteúdo produzido sobre a favela, com pouco protagonismo preto, e majoritariamente produzido por pessoas brancas e não moradoras da favela com equipamentos fabricados por empresas que produzem tecnologias a partir de contextos muito distintos dos discutidos (majoritariamente brancos e masculinos). A motivação, portanto, se origina da vontade de se libertar dessa situação-limite, de se emancipar dessas dependências cognitivas e materiais que limitam as formas de vida e ação e perpetuam estruturas racistas e aporofóbicas<sup>88</sup> de opressão. A vontade de se libertar dessas situações é justamente o engajamento com a própria emancipação. O engajamento é então uma ação capacitada pela tomada de consciência das suas dependências e injustiças.

O projeto Afro Engenharia possibilitou novas autonomias, mas não tornou aqueles envolvidos nele emancipados do capitalismo nem do racismo. As capacidades de ação emancipatórias mencionadas contribuíram para que eles se emancipassem da dependência e subjugação a esses sistemas, nessas situações. Se constituem em mais um passo na direção do protagonismo de moradores da favela na produção de conteúdo audiovisual sobre a própria favela. Sem acesso a equipamentos e conhecimentos que envolvem essa ação, estavam mais dependentes de que pessoas externas produzissem conteúdo sobre sua realidade, mas sem suas

---

88 A expressão refere-se a rejeição, hostilidade, discriminação às pessoas em situação de pobreza.

perspectivas. Tendo agora maior acesso material, têm mais independência nesse sentido. Portanto, as capacidades de ação emancipatórias tem o potencial de construir autonomias, de construir novas possibilidades de transformar o mundo, visando sempre a superação das situações de injustiça. Estando sujeitas a outras formas de opressão e dominação, não se acredita que a ampliação das competências sociais, por si, são o suficiente para que se alcance a justiça social. Porém, entende-se que a ampliação desses conhecimentos instrumentalizam o indivíduo para que fique menos vulnerável e tenha maior controle e domínio sobre suas oportunidades de vida, que tenham maior autonomia.

Ao se partir da noção de conhecimento como capacidade de ação e considerando seu importante papel na modulação das desigualdades sociais, é acrescida à educação emancipatória - indagação levantada pela questão III - a noção capacidade de ação emancipatória. Assim, maior contribuição na libertação é possível atribuir aos conteúdos e técnicas ensinadas, já que esses tem influência direta e indireta nas oportunidades e formas de vida das pessoas. Isso não significa o abandono do olhar transformativo, esperançoso, curioso e inacabado; pelo contrário, as capacidades de ação emancipatórias requerem tais características. Desse modo, o conteúdo a ser ensinado não é apenas uma tarefa burocrática a ser seguida, mas pode também ser parte do processo de emancipação; são competências sociais de proteção e da evitação, e também de criação e a transformação.

#### **4.4 Características e implicações de uma educação emancipatória baseada em conhecimento aberto em uma sociedade do conhecimento: Conhecimento aberto como Capacidade de Ação Emancipatória<sup>89</sup>**

---

89 As ideias apresentadas nessa seção ampliam para os demais movimentos de código aberto as discussões voltadas para os REA iniciada no artigo “Educação nas Sociedades do Conhecimento: o uso de Recursos Educacionais Abertos para o desenvolvimento de Capacidades de Ação Emancipatórias”, aceito para publicação na Educação em Revista UFMG (Freitas et al., no prelo-b).

Do entendimento de que a educação emancipatória, nas sociedades do conhecimento, passa pelo ensino e formação de capacidades de ação emancipatórias, na seguinte seção serão discutidos como elementos do conhecimento aberto podem contribuir para esse processo; elucidando, assim, a questão IV. Apesar de o conhecimento aberto não se resumir ao contexto educacional - muito pelo contrário -, a análise proposta elucidará principais aspectos que contribuem para o desenvolvimento de capacidades de ação emancipatórias, bem como para sua mobilização e aplicação.

O caráter gratuito da distribuição de material digital, e o baixo custo até mesmo de ferramentas de *hardware* – a exemplo do Arduino e da impressora RepRap -, combinado com sua adaptabilidade e versatilidade, são as características mais conhecidas do conhecimento aberto. *Esses aspectos, somados à documentação e permissões legais, facilitam e incentivam a disseminação das capacidades de ação associadas, seja pela prática do uso de tecnologias, seja pelo acesso à conteúdos diversos.* A própria estrutura dos conteúdos e tecnologias livres favorece que eles próprios sejam modificados, facilitando e encorajando que sejam adaptados para novos contextos. Esse aspecto permite que os indivíduos e coletivos façam pequenas alterações no mundo. Por exemplo, pequenas contribuições na Wikipedia ou correções nos materiais didáticos, reformulação de experimentos, produção de material audiovisual, construção de sites simples, alterações no sistema operacional do computador. Permite também que grandes alterações sejam feitas, como a tradução de materiais didáticos para dialetos locais, ou suas adaptações para considerar necessidades educativas específicas, o desenvolvimento de equipamentos científicos, tecnologias de informação, de comunicação, de mobilidade e até de abastecimento de cidades. Essa é a ponta do iceberg dos conhecimentos abertos, é sua contribuição primeira: mesmo que debilmente vinculada com os seus princípios filosóficos, contribuem por construírem uma rede de conteúdos e tecnologias projetadas para serem recriadas, e que potencializam as capacidades de criação e transformação.



Usar ou contribuir no desenvolvimento de um projeto de alcance global, ou local, são, ambos, formas de intervenção no mundo. A filosofia do conhecimento aberto, em acordo com a perspectiva emancipatória, está intimamente ligada ao direito e a possibilidade de remixar a realidade por meio do uso e da modificação dos saberes, culturas e tecnologia. Tal aspecto ressalta que o conhecimento, sendo um produto da mente humana, é também inacabado, podendo ser incessantemente transformado. Assim como a pedagogia da autonomia, a filosofia do conhecimento aberto rompe com o paradigma de que somente a figura de autoridade intelectual - professor, cientista, técnico, engenheiros, etc. - detém o conhecimento. A rígida distância entre educador-educando, desenvolvedor-usuário, cientista-leigo, artista-público é diminuída e flexibilizada, propiciando que os indivíduos transitem mais facilmente por essas posições. Assim, cria-se a possibilidade de que todos sejam hackers de seus mundos, como também discutem Pretto (2017) e Menezes (2018).

Versões proprietárias de determinadas tecnologias são, por vezes, mais baratas e acessíveis do que suas análogas livres. Tal característica é positiva na medida que possibilita o acesso a tecnologias que, sem a mediação dessas corporações, não estariam disponíveis. O Gsuite, mencionado na Introdução, é um exemplo dessa situação: possibilita, por um baixo custo, e com algumas funcionalidades gratuitas, que escolas, coletivos e professores façam uso de uma sofisticada tecnologia sem a preocupação com o espaço de memória ou manutenção do servidor. Contudo, como alertam Parra et al (2018), o uso dessas tecnologias reforça a dependência individual e coletiva dessas ferramentas pela impossibilidade de empresas menores e nacionais oferecerem soluções concorrentes, e pela consequente formatação coletiva das formas de pensar ao *design* da Google. Similarmente, Freire destaca que a padronização das maneiras de ser funcionam, na atualidade, como ferramentas de censura e de coibição da natureza inacabada dos seres humanos, criando indivíduos com mentes burocratizadas.

As tecnologias livres, sendo inacabadas, e podendo ser apropriada por uma maior camada da população<sup>90</sup>, são naturalmente mecanismos que dificultam o monopólio e a padronização do pensamento. O incentivo ao desenvolvimento e adoção de tecnologias livres possibilitam a criação de alternativas tecnológicas locais e descentralizadas, driblando um aparente fatalismo quanto a dependência de soluções disponibilizadas por grandes corporações e fortalecendo uma apropriação local sobre essas técnicas e tecnologias; com isso, podem ser freios à dominação e padronização das mentes. Ao diversificar os tipos, e estruturas, de tecnologias disponíveis, diversifica-se também as formas de usá-las e pensá-las, dificultando, assim, a burocratização das mentes.

A aplicação de tecnologias livres, ciência aberta e REA, nessa perspectiva, possibilita então que escolas, universidades, Estados, organizações não-governamentais, comunidades de bairro, movimentos sociais, etc., conquistem suas autonomias. Não que se tornem autossuficientes, mas que, por meio das pessoas que as compõem, se emancipem em âmbitos específicos, em especial no tecnológico e científico. A exemplo, pode-se citar o caso *Safecast*: em 2011, após a explosão da usina nuclear de Fukushima, no Japão, frente ao perigo de exposição a radiação em que considerável parte da população foi exposta e da extrema dificuldade do governo japonês em oferecer informações atualizados sobre aos níveis de radiação nas áreas atingidas, um grupo de pessoas se reuniu e montou um detector de radiação Gayger simples (Brown et al., 2016). Por ser de código aberto e de baixo custo, o equipamento logo se difundiu, e uma enorme rede de pessoas passaram a espontaneamente medir a radiação pelas estradas e cidades, e alimentar a plataforma aberta de armazenamento dos dados. Ao final, o projeto disponibilizava o nível de radiação por metro cúbico com aproximadamente oito vezes mais medidas do que as organizações governamentais<sup>91</sup> (Brown

---

90 O domínio desses saberes e o acesso à infraestrutura para sua modificação e manutenção podem reduzir significativamente os estratos da população capazes de dominá-los. Ainda assim, seu caráter livre permite que um maior número de pessoas tenham essa possibilidade.

91 As medições foram, e continuam sendo, tão cruciais para a segurança da população e superação da crise, que a equipe do Safecast foi convidada a falar no IAEA (Encontro Internacional de Especialistas e Proteção à Radiação), em 2014, e no CNREP2018 (Simpósio Internacional de Comunicação Pública de Emergências

et al., 2016). De maneira coletiva, a parcela da população japonesa com acesso a essas ferramentas se tornou autônoma no monitoramento da radiação, não necessitando de instituições privadas, nem públicas. Superaram uma situação de dominação e dependência em que se encontravam, sendo mais emancipada para a tomada de decisões em relação a sua vida, diminuindo sua vulnerabilidade e melhor embasando as tomadas de decisões individuais e coletivas nesse caso em específico.

Da perspectiva escolar, a disponibilidade de conteúdos gratuitos de qualidade, facilita que os educadores acessem ferramentas educacionais diferenciadas, que as adaptem para suas realidades, ou as reorientem para novos fins. Uma maior disponibilidade de tecnologias e conteúdos representa uma menor escassez do conhecimento: o desenvolvimento de capacidades de ação é facilitado, em especial os técnicos e científicos.

Entendido aqui como conhecimento aberto aplicado ao contexto educacional, os REA não são apenas ferramentas de baixo custo, são fonte de esperança na transformação do mundo. Ao serem ferramentas e conteúdos que podem ser usados, estudados, modificados e distribuídos, tem o potencial de fortalecer nos estudantes a percepção, a esperança, de que eles são capazes e tem os meios de transformar o mundo ao seu redor.

A disponibilização de material didático abertamente na internet não deve significar a eliminação do papel do educador. Mesmo com videoaulas, livros, resolução de exercícios e tutoriais de uso de *softwares* e *hardwares*, o papel do educador é essencial para que a dialogicidade entre a ação e a palavra, entre o conteúdo e a prática, entre o educando e o material didático ocorra, independente do tipo de material e ferramenta de apoio. Portanto, não se propõem que os indivíduos sejam capazes de aprender sozinhos, pois, como afirma Freire, “ninguém educa ninguém, como tampouco ninguém se educa a si mesmo: os homens se educam em comunhão, mediatizados pelo mundo” (1974, p. 79). Assim, educação, por ser

“mediatizada pelo mundo”, é influenciada pelas culturas e pelas ferramentas que mediam esse processo, bem como pela pedagogia adotada pelos educadores.

Tampouco a defesa pela autonomia indica que as pessoas devam agir sozinhas no mundo, pois “a autossuficiência é incompatível com o diálogo” (Freire, 1974, p. 95). Busca-se não o desenvolvimento de autonomies individuais, egoístas e com uma falsa desconexão social, mas sim possibilitar que grupos, conjuntos de pessoas mais ou menos conectadas, possam desenvolver autonomies coletivas, dialógicas, que as permitam agir no mundo, seja por estarem mais conscientes de suas situações, seja por desenvolverem as capacidades necessárias para a ação.

Ainda que ações individuais possam repercutir para o em torno do indivíduo, ou para pessoas que não estão diretamente associadas a ele, a contribuição do conhecimento aberto para a educação emancipatória está também no cultivo à colaboração e a formação de redes de agentes transformadores – esses que fundamentam as “autonomies coletivas”. Por possibilitarem maior ação para mais pessoas, possibilitam também mais formas e oportunidades de transformação, envolvendo mais pessoas e comunidades.

A alteração de códigos e publicação de conteúdo são alterações no mundo material, mas não são o suficiente para a superação das situações-limite; é preciso que essas ações sejam feitas como atos-limite, ou seja, com a intenção de romper as falsas barreiras das situações-limites. Assim, o uso isolado de ferramentas e conteúdos de REA não é garantia de libertação: é preciso que haja a consciência da opressão. Contribuem nesse sentido quando há o reconhecimento das situações-limite que afastam os indivíduos do “ser mais” e que perpetuam a dominação. Por isso a importância de que a educação baseada em conhecimento aberta seja também crítica e problematizadora.

Na seção 4.1.2 foi discutido a necessidade de se manter os preceitos filosóficos do movimento para a manutenção da rede de hiperobjetos. Aproximando à discussão de Freire,

pode-se entender melhor essa importância quando considerada a importância da associação ação-reflexão para o engajamento na própria emancipação. A aplicação das ferramentas de código aberto isolada dos seus preceitos não apontam na direção da emancipação pois são ações “mecânicas”, robóticas; tal uso no ensino se aproxima da doutrinação, se resumindo ao treinamento de uma técnica. Os conhecimentos práticos, técnicos e/ou científicos – que embasam a ação – precisam ser estar igualmente fundamentada em seus princípios – semente e fruto da reflexão – para que conduzam ao engajamento na própria emancipação<sup>92</sup>. Por exemplo, projetos de eletrônica utilizando o Arduino são facilmente associados a conteúdos de eletricidade, nos mais diversos níveis de ensino. Uma vez apropriadas, o aspecto prático desse conhecimento tornam mais possíveis a construção de sistemas simples de monitoramento ambiental (e.g. R. B. Silva et al., 2015), de automatização de processos, de desenvolvimento de máquinas de fabricação digital (e.g. Jones et al., 2011). Vazio de reflexão, contudo, se resumem a artifícios motivacionais, ou apenas meios para ensinar o conteúdo e técnicas. É na reflexão, na tomada de consciência esperançosa, que passam a compor as capacidades de ação emancipatórias.

Uma formação baseada em conhecimento aberto promove a autonomia, pois viabiliza que a ação seja possível independente de qualquer vínculo institucional. É comum que universidades comprem a licença de uso de *softwares* profissionais e liberarem o acesso a estudantes matriculados. *Softwares* proprietários como o Adobe Photoshop e o AutoCAD exercem tamanho domínio sobre o mercado que cursos de design e engenharia, por exemplo, oferecem disciplinas voltadas para o seu exclusivo uso. Contudo, ao encerrarem o vínculo com as universidades, os estudantes perdem o acesso a essas ferramentas e, por só terem sido ensinados a operar *softwares* proprietários, se vem compelidos a pagar caras licenças de uso,

---

92 Apesar de nessa discussão o foco estar nos preceitos filosóficos do movimento de código aberto, há ainda que se considerar outros aspectos da ciência e tecnologia, como bem discutido nos estudos CTS; aspectos esses que, apesar de não serem abordados nesse trabalho, não podem ser ignorados numa educação científica crítica. A exemplo, a percepção salvacionista e neutra da ciência e o determinismo tecnológico.

ou a obtê-los ilegalmente. Ao contrário, quando o ensino é baseado em ferramentas livres, as capacidades de agir desenvolvidas pelos indivíduos não perdem sua força quando eles se desvinculam das instituições de ensino, pois permanecem tendo acesso às ferramentas cruciais para sua profissão. Por isso, a *autonomia não pode ser resumida ao saber realizar tarefas; incluem saber mobilizar conhecimentos, recursos e redes que possibilitem que as ações sejam realizadas*, além de aspectos como permissões legais e políticas de realizar determinada ação.

De maneira similar, uma educação baseada em ferramentas livres evita que a escola padronize as formas de pensar conforme tecnologias proprietárias. Como no exemplo discutido anteriormente, o uso de ferramentas educacionais da Google, apesar de ter vantagens econômicas e de gestão, colabora para que as formas de pensar e operar tecnologias digitais dos estudantes sejam modeladas pelo *design* Google. Assim como ocorre com o extenso uso do sistema operacional da Microsoft, o *Windows*, essa burocratização das mentes favorece que tais tecnologias continuem a ser usadas mesmo fora da escola, fortalecendo o domínio dessas corporações<sup>93</sup>. Ao contrário, o uso e promoção de conhecimento aberto contribuí para o desenvolvimento de soluções voltadas a autonomia.

Em razão do foco dado ao mercado de trabalho e às indústrias (Jacinski & von Linsingen, 2011), pode-se argumentar que a inserção de tecnologias livres nesses cursos gera uma desvantagem competitiva entre os estudantes. Como tais ferramentas não são as mais usadas no mercado de trabalho ou, por vezes, são tecnicamente inferiores às versões proprietárias, sua adoção pode significar uma perda na formação dos estudantes. Tal raciocínio promove uma lógica de vantagem individual, perpetuando a dependência tecnológica coletiva, mas aponta a necessidade de que a implementação de conhecimento aberto na educação de engenharia deve ser seguida de investimentos em políticas públicas que

---

93 O domínio se estende também, como já mencionado, para o campo econômico, como evidenciam o domínio do mercado de tecnologia exercido pela GAFAM, e político, como no recente bloqueio das atividades da Google na China em decorrência do embate com os EUA pelo domínio da tecnologia 5G.

promovam o desenvolvimento e incentivo a adoção de tecnologias livres e práticas de ciência aberta (Pretto, 2012).

Por exemplo, pode-se sugerir que o dinheiro público e privado investido na compra de licenças seja revertido para financiar o aprimoramento de soluções livres. Um exemplo de financiamento desse tipo ocorre no laboratório CERN, que lidera uma iniciativa que focaliza recursos financeiros e humanos para o aprimoramento do *software* livre KiCAD, um programa de desenho de placas de circuito impresso (Del Rosso, 2015); o projeto conta também com apoio de empresas como o Arduino LLC e a Raspberry Pi<sup>94</sup>. O investimento coletivo em uma ferramenta básica, que não oferece vantagem competitiva, é uma forma de distribuir os custos do seu desenvolvimento, sem o risco do chamado *lock-in* – relação de dependência entre o cliente/usuário e a empresa que fornece a solução tecnológica.

O uso de conhecimento aberto é também semente para a tomada de consciência sobre as situações-limite. Como exemplo, as discussões levantadas por Lessig (2004) sobre as implicações negativas da idolatração da propriedade intelectual no desenvolvimento social, econômico e cultural podem suscitar profundas reflexões sobre nosso lugar no mundo, nossa ação sobre as injustiças alimentadas pelo mercado de patentes e direitos autorais. O questionamento da propriedade intelectual, reflexão primeira da filosofia *open source*, e o conhecimento de que existem alternativas à produção e desenvolvimento de conhecimentos e tecnologias hegemônicas, é, por si só, uma semente para a tomada de consciência mencionada. Essas reflexões podem igualmente levar a percepção de como a cultura dominante impõe ao indivíduo comum o lugar de usuário-consumidor, limitando suas autonomias de criação, ação e reflexão. Um aprofundamento dessa discussão leva ao questionamento sobre como as instituições públicas e federais tem trabalhado a favor dos *lobbys* de editoras de livros didáticos, de revistas científicas, de *softwares* educacionais e de engenharia, de corporações e indústrias, e não a favor da ampliação do protagonismo popular

---

94 Mais detalhes disponíveis em <https://kicad-pcb.org/about/kicad/>. Acessado em Outubro de 2020.

no acesso, produção e distribuição de conhecimento científico-tecnológico, artístico e histórico.

Cuidado extra deve ser dado ao risco de limitar a discussão de liberdade ao binarismo aberto/fechado. A consciência do lugar no mundo vai muito além do acesso ao conhecimento, e tal redução é uma falha do movimento de *software* e de cultura livre; tal erro tem permitido que esses movimentos tenham perpetuado acriticamente a cultura racista, machista e colonialista – como evidenciado pela relativização de recentes acusações de pedofilia e assédio sexual de importantes nomes desses movimentos (Baixa Cultura, 2020). Para superar essas posturas, entre outras formas de discriminação estruturais, é preciso que o movimento incorpore discussões sérias e profundas sobre as noções de justiça e equidade, e seja capaz de nomear e combater esses paradigmas (Baixa Cultura, 2020). Apesar de tais discussões não serem investigadas nesse trabalho, aponta-se a necessidade de que potenciais relações entre práticas e filosofias de código aberto e o combate à opressões estruturais, não só individuais, sejam mais estudadas.

A contribuição da pedagogia freireana aos movimentos de código aberto, em especial aos REA, vai além do aumento da quantidade de materiais disponíveis; traz para o movimento a dialogicidade necessária para a produção e aplicação desses recursos de acordo com a realidade de vida (cultural, econômica, etc.) em que os envolvidos estão imersos. Por ser dialógico, enquanto o conhecimento aberto contribui como ferramenta e conteúdo, seus usuários e desenvolvedores contribuem acrescentando a ele novas abordagens e visões sobre um mesmo assunto, diversificando assim os conhecimentos abertos disponíveis e possibilitando que os já existentes sejam repensados sobre diferentes epistemologias - como, por exemplo, quanto as questões apontadas no parágrafo anterior. Além disso, a defesa pelos REA costuma se basear na democratização do acesso ao conhecimento (UNESCO, 2013), na esperança de que isso, por si, leve à democratização da produção de conhecimento e o



fortalecimento da democracia de maneira geral. Ao ser pensado pela ótica dialógica e libertária de Freire, o conhecimento aberto, como movimento social, tem a oportunidade apontar suas ações para além do acesso à conteúdos, indicando caminhos para a superação das injustiças.

As características do conhecimento aberto mencionadas convergem com a percepção de Freire de que ensinar é também criar as possibilidades para a produção e construção do conhecimento. Do aspecto técnico, como discutido, favorece o desenvolvimento de habilidades de interpretação e criação de informação, conteúdo e novos conhecimentos. Do aspecto ideológico, a filosofia do movimento de código aberto incentiva que usuários tenham mais domínio sobre as tecnologias que usam, que pessoas leigas tenham maior acesso à ciência, e de que as produções culturais, científicas e tecnológicas possam ser remixadas em novos formatos. Do aspecto jurídico, as licenças abertas são mecanismos que permitem que essas possibilidades sejam concretizadas. A adoção dos REA, portanto, contribuem com os objetivos de uma educação emancipatória.

O uso de conhecimento aberto apresenta ainda uma possibilidade em especial: permite que professores e estudantes se apropriem de tecnologias e técnicas profissionais de engenharia, ciência e produção de conteúdo audiovisual. Ao aprender a usar ferramentas “reais”, aumentam sua capacidade de ação sobre o mundo, pois podem modificá-lo para além do digital, se ampliando para o mundo analógico, mecânico e biológico.

Como exemplo, pode-se citar o caso de um grupo de estudantes do ensino médio do Colégio de Aplicação da UFRGS, que construíram a sirene escolar de sua própria escola<sup>95</sup> (Freitas & Silva, 2018). Tal ocorrência não se deu somente pelo desenvolvimento das habilidades técnicas necessárias; a crença dos estudantes, professores e gestores da escola de que é possível atuar no mundo foi crucial para a superação da dependência de fornecedores

---

95 Mais detalhes sobre o projeto disponível em: <http://cta.if.ufrgs.br/projects/sirene-escolar-baseado-em-arduino/wiki>. Acessado em Outubro de 2020.

externos. Os envolvidos faziam parte de um grupo de desenvolvimento de *hardware* aberto e livre, onde se conduziam discussões técnicas e filosóficas das implicações sociais de tecnologias livres, bem como se promoviam práticas de autogestão e a promoção da autonomia dos estudantes (Freitas & Silva, 2018). Não fosse a adoção de tecnologias livres, possivelmente a escola não teria condições econômicas de apoiar o grupo com tecnologias proprietárias análogas; adicionalmente, as ferramentas livres usadas pela equipe não tinham finalidade apenas didática, possibilitando que fossem mobilizadas para o desenvolvimento de uma tecnologia funcional; por fim, as reflexões críticas quanto à dependência tecnológica e as práticas de autonomia contribuíram para a formação de um pensamento esperançoso. Assim, esses estudantes aprenderam que eram capazes, para além das habilidades técnicas, de produzir conhecimento e tecnologia, e modificar o seu mundo. De um espaço de educação não-formal e extracurricular, os estudantes foram capazes de transformar, fisicamente, a sua escola, deixando nela uma marca sonora do potencial de cada estudante.

A união de todas as potencialidades discutidas compõe o combustível para o fortalecimento da esperança de que a realidade, do individual ao coletivo, pode ser transformada. A cultura do desenvolvimento colaborativo dos movimentos fomenta um paradigma de produção de conhecimento onde o compartilhamento, a participação e a remixagem são a norma. Nesses cenários, a intervenção no mundo não é apenas uma possibilidade, é o esperado, o comum. Em contradição com o paradigma determinístico, onde a população em geral é espectadora dos acontecimentos de suas vidas, a cultura promovida pelos movimentos em defesa do conhecimento aberto provoca a ativa participação das pessoas. Como no exemplo acima, a emancipação foi uma escolha possível porque os envolvidos acreditavam que a transformação da realidade era uma opção. Os conhecimentos mobilizados pelos estudantes nesse caso podem ser entendidas como capacidades de ação

emancipatórias a medida que foram intencionalmente articulados em prol da superação da dependência de fornecedores externos.

Em resumo, a educação emancipatória baseada em conhecimento aberto – tema da pergunta IV. - envolve na sua ação o uso de ferramentas, fontes e materiais de código aberto, ao mesmo tempo que inclui na sua reflexão a filosofia desses movimentos; promove, ou melhor, incorpora, de maneira geral, a cultura livre, a ciência aberta e as tecnologias livres. A formação das capacidades de ação emancipatória ocorre na estrita relação entre a consciência das situações de injustiça, o engajamento na libertação e o domínio das capacidades de ação necessária para a transformação da realidade. É nesse último elemento que o conhecimento aberto tem sua contribuição primeira: por serem recursos gratuitos ou de baixo custo facilitam o ensino de conteúdos e técnicas geralmente não acessíveis, e também possibilitam sua adaptação para problemas e questões contextuais.

Por não serem apenas ferramentas de baixo custo, a comunhão entre o conhecimento aberto e educação emancipatória amplia, em comparação com o uso de soluções e materiais proprietárias, os tipos de capacidades de ação – e o acesso aos recursos necessários para sua efetivação - que podem ser desenvolvidas e ensinadas -, em especial aqueles que possibilitam a criação de conhecimento, não limitando as possibilidades de ações ao vínculo com instituições formais, dos autores das obras, nem com a necessidade de volumosos investimentos financeiros. Ao assumir o inacabamento do conhecimento e dos indivíduos, encurta a distância entre usuários e especialistas, rompendo também a lógica do estudante como eterno aprendiz e do professor como eterno mestre. Por diversificar as possibilidades de ação e pensamento, dificulta sua padronização e expande as capacidades de criar, transformar, remixar e até *hacker* para além do mundo digital. Em especial, devido as diferentes possibilidades de mobilizar o conhecimento para a resolução de problemas locais e contextuais, ou ainda de adaptar materiais e tecnologias, favorece o desenvolvimento de

soluções voltadas a autonomia ou a mobilização de conhecimentos, recursos e redes já existentes. Por fim, pelos mesmos motivos levantados na seção 4.2, a adoção de conhecimento aberto na educação estimula um maior acesso e disseminação do conhecimento aberto, resultando numa menor escassez do conhecimento - especialmente os técnicos e científicos.

#### **4.5 Educação emancipatória fundamentada em conhecimento aberto e as capacidades de ação emancipatórias para a participação social na Ciência**

Nas seções anteriores discutiu-se a relação da educação emancipatória e o conhecimento aberto nas sociedades do conhecimento, em especial como a cultura do código aberto diminui a escassez do conhecimento e possibilita distintas formas de transformação da realidade. Dentre as diversas formas de atuar no mundo e produzir conhecimento, as áreas de ciência e tecnologia tem importante destaque econômico e social em diversas leituras de sociedade, desde o século XIX, com as obras de Max Weber, até as recentes obras de Stehr. Por isso, refletir sobre a superação de injustiças e emancipação da perspectiva do conhecimento passa por repensar como a C&T são produzidos - da crítica a propriedade intelectual, ao controle restrito de quem conduz a área - e as formas de participação social na C&T.

A vontade de participar é o desejo, individual ou coletivo, de ter mais domínio sobre suas vidas e estar menos subordinado às decisões feitas por grupos que negligenciam suas existências e necessidades. O engajamento na produção e condução de pesquisa e desenvolvimento de soluções tecnológicas se relaciona com o engajamento na própria libertação e com a esperança na transformação do mundo - elementos da educação emancipatória - na medida em que as pessoas ativamente se envolvem com a pesquisa, com a consciência de que elas podem, direta ou indiretamente, melhorar suas condições de vida.

Crer poder fazer ciência, poder fazer tecnologia, independente de certificados e apoios institucionais que aprovelem essas práticas, pode ser entendido com o querer ser mais, como um produto da curiosidade epistemológica que, crítica e indócil, impulsiona os indivíduos a compreender e criar suas realidades. Por isso, a educação que se propõem emancipatória busca também uma participação social emancipatória; para melhor entender essa relação e ampliá-la com a cultura dos movimentos de código aberto – levando, assim, a uma melhor compreensão da questão V -, nos próximos parágrafos serão discutidos alguns elementos da participação social e da ciência cidadã, para depois então serem retomada à discussão da educação em C&T emancipatória.

A participação social é uma expressão associada ao descontentamento geral em relação à marginalização do povo das decisões de interesse da sociedade, acompanhada da percepção de que esse problema pode ser superado a partir de uma maior participação coletiva nas decisões públicas (Strieder, 2012). Tal participação pode se dar à nível micro (associação, pequenos empreendimentos, etc.) e à nível macro (governos e instituições municipais, estaduais, federais, etc.), e inclui na reflexão e tomada de decisão não só as autoridades e técnicos responsáveis, mas também as pessoas e comunidades afetadas e envolvidas nos assuntos em questão (Strieder, 2012).

A busca por uma maior participação social está na gênese dos estudos de CTS (Strieder, 2012); contudo, como indicam Ayres dos Santos e Auler (2019), a educação CTS tem se limitado à defesa de uma participação social reduzida aos processos decisórios posteriores a sua produção. Não abordam a questão de que a não neutralidade da C&T está presente desde a idealização da pesquisa, pois os valores socioeconômicos envolvidos influenciam não só o seu desenvolvimento, mas também a escolha dos assuntos a serem investigados e das metodologias aplicadas. Assim, para que a C&T estejam alinhados com valores distintos aos valores hegemônicos, os autores defendem que é preciso fomentar a

participação coletiva também na formulação das agendas de pesquisa (Ayres dos Santos & Auler, 2019).

Enquanto a luta pela participação social na formulação de políticas públicas sobre moradia, saúde e educação são comuns, o mesmo não ocorre na defesa pela participação na elaboração de políticas de pesquisa e desenvolvimento em C&T. A educação de C&T tem, então, também a missão de conscientizar sobre a não-neutralidade da C&T em seus diferentes níveis, e de contribuir para o desenvolvimento de uma cultura de participação social, em especial na formulação das agendas de pesquisa (Ayres dos Santos & Auler, 2019).

A noção de participação social pode ser também ampliada para além da atuação na elaboração de políticas e análise de impacto; pode incluir a participação no próprio fazer científico. No estudo da história da ciência, identifica-se momentos em que não haviam cientistas profissionais; todos aqueles que faziam ciência eram amadores, pois essa era uma atividade não remunerada a qual dedicavam seu tempo livre; era, então, feita por pessoas sem credenciais especiais (Parra et al., 2017). Com a institucionalização da ciência, a participação popular permaneceu sendo fundamental, ainda que invisível em etapas da pesquisa menos valorizados, como a produção de equipamentos, a coleta e a classificação de dados, ou com contribuições de amadores - como os naturalistas - e filantropos (Parra et al., 2017).

Atualmente, com a popularização da internet, parte dessa participação imperceptível alcançou escalas globais e ganhou um nome: ciência cidadã (Parra et al., 2017). Buscando entender de que forma essa “nova metodologia” pode contribuir com a participação social, a seguir serão discutidos alguns de seus aspectos. As ações nesse campo podem ser separadas em duas orientações. Na primeira, se refere à participação das pessoas (cientistas amadores, ou “não certificados”) no fazer científico, contribuindo, por exemplo, com a coleta de dados, a análise de imagens ou no compartilhamento de processamento de máquina. Críticas a esse modelo indicam que sua motivação é o aumento da produtividade científica, e não a

participação social; também, indicam que a forma limitada de participação pode ser um mecanismo de desmobilização, e não de engajamento (Parra et al., 2017). Essa restrita forma de participação, apesar de ter vários benefícios, não necessariamente incluem, na condução e tomadas de decisão sobre C&T, novas camadas da população; pelo contrário, corre-se o risco de que essas sejam apenas usadas no processo, sem terem influência nele. Como também anunciam Parra, Fressoli e Lafuente (2017), é preciso uma forma de ciência cidadã que permita a participação popular na formulação das questões de pesquisa, na apropriação dos conhecimentos produzidos e na definição de prioridades.

Na segunda orientação, encontra-se a ciência cidadã com “ênfase na participação e no encontro entre diversos saberes como uma forma de transformar a própria ciência e suas práticas” (Parra et al., 2017), integrando-se a outras concepções, como a Ciência do Comum<sup>96</sup>, ciência comunitária<sup>97</sup> ou com os laboratórios cidadãos<sup>98</sup>. Nessas visões prevalece o engajamento no processo científico como um todo, favorecendo maior interferência e controle das comunidades envolvidas nas questões e prioridades de pesquisa, bem como a preferência por tecnologias e protocolos desenvolvidos de maneira modular, com *designs* pensados para serem mais facilmente apropriados.

Em todas essas abordagens, nota-se a importância, se não a necessidade, das práticas de ciência aberta e do uso de tecnologias livres para que a participação social não estejam centralizadas em governo, instituições e organizações, e para que as pessoas possam se apropriar, ou ainda, terem a autoria das ferramentas e conhecimentos envolvidos e produzidos

---

96 A ideia de Ciência do Comum está associada à noção de bens comuns, previamente apresentada na seção 3.3.1.2, baseado em Lafuente e Estalella (2015).

97 Ciência comunitária tem como protagonista a comunidade, dispensando a necessidade de parcerias de cientistas profissionais. Nesse modelo, a investigação é organizada colaborativamente para resolver questões determinadas pelo grupo, e ressalta sua propriedade sobre a pesquisa e o acesso aos produtos e dados resultantes (Dosemagen & Gehrke, 2017). Como destacam os autores, “o poder de coletar, interpretar e compartilhar os próprios dados, sem depender da indústria ou governo, permite às comunidades uma voz mais autônoma em seus procedimentos” (Dosemagen & Gehrke, 2017, p. 11).

98 Os laboratórios cidadãos são os espaços onde surgem novas formas de produção de saberes e participação democráticas, envolvidos na cocriação de novos problemas, de novos paradigmas. Num sentido oposto aos tradicionais laboratórios acadêmicos, os laboratórios cidadãos buscam uma permanente abertura e conexão com o mundo, não para a exposição de produtos ou discussões convergentes, mas justamente para a produção de novas ideias e soluções atravessadas pelas pluralidades (Parra et al., 2017).

(Dosemagen & Gehrke, 2017; Lafuente & Estalella, 2015; Parra et al., 2017). Também Chan, Okune e Sambuli (2015) apontam que a união da ciência aberta, das tecnologias livres e da colaboração em redes geram oportunidades para o engajamento público no desenho e condução das pesquisas. Assim, essas três práticas formam uma estrutura para a real participação social na gerência de pesquisas e na produção de C&T, caminhando para a possibilidade de domínio sobre a autoria e acesso aos conteúdos produzidos.

Como parte da cultura de colaboração e de abertura, a internet é, atualmente, ferramenta essencial para cooperação. Apesar de, no seu surgimento, novas possibilidades democráticas de comunicação e colaboração terem surgido, com elas nasceram também novas formas de controle e vigilância (Parra & Abdo, 2016). A centralização dos serviços de telecomunicação e da internet, e a dependência tecnológica gerada pela difusão de soluções proprietárias, levou a formação de megacorporações que, em associação com os governos locais, estruturam fortes sistemas de controle e vigilância de escalas planetárias. Nesse cenário, a colaboração, transparência e abertura envolvidos na participação social - não só na C&T, mas em qualquer âmbito – estão ameaçados, submetidos a serem mediados por ferramentas desenhadas para a vigilância, limitando autonomia, e suas ações de resistência e desobediência política. Como alternativa, Parra e Abdo (2016) indicam a necessidade de serem produzidas soluções tecnológicas descentralizadas, associadas ao aprimoramento da gestão coletiva desses serviços, e a possibilidade de anonimato.

Com essas questões em mente, evidencia-se que não basta compreender os valores sociotécnicos que compõem uma ferramenta; se não houver alternativas a elas, a participação social, em diversos âmbitos, estará submetida à vigilância e controle. Os movimentos *hackers* e de *software* livre surgiram como movimentos sociais que buscavam maior descentralização das tecnologias, e já denunciavam as consequências negativas do monopólio sobre tecnologias digitais (FSF, 2020a; Pretto, 2010). Os movimentos de tecnologias livres que



deles se originaram têm contribuído nas últimas décadas por construírem, e disponibilizarem livremente, soluções alternativas, mais seguras e centradas nas necessidades do usuário, e não das corporações<sup>99</sup>. Assim, indica-se que a ampliação da participação social deve também passar pelo desenvolvimento de tecnologias livres que façam a mediação dos processos de comunicação, colaboração e decisão; caso contrário, a participação estará sempre sob risco de ser controlada, vigiada e sujeita a influências dos setores que dominam essas tecnologias<sup>100</sup>.

A título de exemplo, o projeto Baobáxia tem mostrado como a incorporação do uso e da filosofia das tecnologias livres pode permitir a construção de novas formas de integração para além das permitidas pelas tecnologias proprietárias e seus donos. O projeto foi desenvolvido por, e para, comunidades indígenas e quilombolas com conexões de internet instáveis, para servir como “repositório multimídia projetado para operar em comunidades rurais com nenhuma ou pouca Internet” (“NPDD/Baobáxia”, 2020). Serve como uma infraestrutura digital, fixa ou móvel, para que essas comunidades, urbanas ou remotas, possam compartilhar e preservar suas memórias e criações culturais<sup>101</sup>. Não à toa, o projeto adota “como princípios básicos e metodologia de trabalho os fundamentos do *software* livre, tanto na gestão das equipes de trabalho, quanto nas soluções tecnológicas que utilizará” (“NPDD/Baobáxia”, 2020). A grande extensão de conhecimentos abertos sobre o assunto produzidas e a cultura do código aberto são elementos centrais - além de outros

---

99 Ressalta-se que isso não significa que qualquer tecnologia livre é mais segura, confiável, ou que não está também a serviço dos mesmos monopólios apontados anteriormente; e sim que os movimentos de tecnologias livres disponibilizam alternativas, ou, ainda, as ferramentas para que se desenvolvam alternativas.

100 O envolvimento popular em uma pesquisa, ou os ativismos *online* e *offline*, não são menos importantes e impactantes por adotarem práticas proprietárias ou não publicarem abertamente suas produções. Pode ser que, em diversas situações, por questões de segurança ou viabilidade, tecnologias proprietárias sejam mais adequadas, ou a transparência e a abertura ponham em risco imediato as pessoas envolvidas. Contudo, essas práticas limitam a participação e colaboração a ferramentas que, como já mencionadas, compõem um sistema de controle e vigilância planetário (Parra et al., 2018; Parra & Abdo, 2016).

101 Projetada e mantida pela rede de quilombos Rede Mocambos (mais informações em <http://mocambos.net/>), o projeto traz consigo também uma renovação na nomenclatura da infraestrutura de *internet*, abandonando o padrão colonial escravocrata e adotando palavras e signos próprios para designar cada parte desse sistema. Seu nome, “Baobáxia”, é a mistura das palavras “Baobá” e “galáxia”. Baobá é o nome de uma árvore que representa, na cultura afro-brasileira, a memória coletiva de um território, por isso essa rede de Macucos é uma galáxia e faz parte de uma galáxia de Baobás. Macucos, os frutos dos Baobás, são o que geralmente se chama de “servidores de internet”, as máquinas que armazenam os sites e códigos da internet. Mais informações em <https://baobaxia.mocambos.net>. Acessado em Outubro de 2020.

importantíssimos fatores culturais e contextuais que não serão abordados - para que a solução fosse produzida pelas pessoas que fazem uso dela e com o envolvimento de técnicos integrantes ou parceiros da comunidade; afinal, como anunciado na documentação do projeto, “Não basta usar tecnologias de informação já existentes - precisamos moldar o próprio desenvolvimento para que atenda às demandas da sociedade” (“NPDD/Baobáxia”, 2020). Em outras palavras, as tecnologias livres, como cultura de produção de conhecimento tecnológico, são importantes chaves que ampliam as formas de participação social, em especial no protagonismo do desenvolvimento de tecnologias adequadas para as necessidades e interesses específicos e não-hegemônicos.

A importância das tecnologias livres e da ciência aberta e cidadã nesse processo não representa uma desresponsabilização de instituições e governos do compromisso de criarem espaços e oportunidades para maior participação popular na formulação de políticas públicas, das agendas de pesquisa, ou na tomada de decisões sociotécnicas. Tampouco busca transferir para os ombros das comunidades afetadas e de cientistas e engenheiros não profissionais a incumbência de desenvolverem soluções para as suas problemáticas. O objetivo é, ao contrário, construir alternativas autônomas e colaborativas que deem protagonismo e soberania à forças populares para que não estejam submetidas unicamente ao controle e domínio de governos e corporação, e também que sirvam elas próprias de mecanismos de pressão política.

A educação C&T tem também o papel de educar para a participação social na área. As discussões trazidas ao longo dessa seção mostram que as formas de participação social não são passivas, como na análise de impactos, nem estáticas, como na definição de agendas de pesquisa (sem posterior envolvimento); elas podem ser dinâmicas, descentralizadas, colaborativas, contínuas, comunitárias, globais e não precisam, necessariamente, da aprovação de instituições tradicionais do campo; são formas de participação direta na produção e condução de investigações científicas e produções de tecnologia. Dessa ampliada

perspectiva, a educação em C&T promove a participação social quando desenvolve capacidades de ação necessárias para esses tipos de participação; abrangem os conteúdos e habilidades técnicas, os conhecimentos científicos, a cultura, filosofia e práticas de código aberto, a descentralização dos conhecimentos e tecnologias, a cultura da participação e da colaboração, a autonomia coletiva e também as consequências da não-participação.

Como inicialmente mencionado, a educação que se propõem emancipatória busca também uma participação social emancipatória, e será mais fortalecida quanto mais conseguir incorporar as práticas e filosofias de código aberto. Nesse sentido, as capacidades de ação emancipatórias construídas favorecem que conhecimentos científicos e tecnologias existentes sejam apropriados para novos fins, ou que novos sejam engendrados, criando mecanismos de participação social na coleta de dados de interesse geral, de pressão social, ou, ainda, de construção de soluções para problemas comunitários<sup>102</sup>.

Ainda que as pessoas sejam dotadas das capacidades de ação para (re)construir conhecimentos e tecnologias, se o acesso material e legal às ferramentas necessárias para essa ação for limitada, a capacidade de se emancipar também será. Portanto, a produção de conhecimento científico e tecnológico proprietário aponta em uma direção contrária à emancipação; não só a educação deve ter uma perspectiva emancipatória, como a própria ciência e engenharia. Cientistas, engenheiros e técnicos profissionais não necessariamente atuam nas tomadas de decisão e na elaboração de agendas nacionais de pesquisa – que equilibram tensões de interesses políticos, industriais, empresariais e do mercado financeiro –, mas atuam diretamente na produção dos escassos conhecimentos científicos e tecnológicos. Podem, nesse espectro, contribuir para viabilizar uma melhor participação social: seja produzindo produtos voltados para a colaboração e emancipação, seja abrindo as tomadas de

---

102 Exemplos são os já comentados projetos Safecast e Baobáxia; também Dosemagen e Gehrke (2017) relatam em seu trabalho as ações da organização Public Lab que, em conjunto com moradores locais e com veículos de comunicação, usaram tecnologias livres de baixo custo para coletar informações sobre o vazamento de óleo no Golfo e usá-las para pressionar os governos locais e federais por ações de proteção e recuperação da área.

decisão, pesquisas e processos para a participação de pessoas não-técnicas - em especiais as afetadas ou envolvidas nos resultados e consequências da investigação - ou, ainda, contribuindo para a pressão por política mais participativas.

Mudar a cultura científica e tecnológica incrustada nas indústrias, universidades e empresas não é tarefa simples e fácil, mas a educação de cientistas, engenheiros e técnicos é uma oportunidade para sua aproximação com reflexões críticas quanto a sua profissão e práticas e culturas que a envolvem. Na superação dessas concepções ingênuas, o ensino superior deveria, conforme Bazzo et al. (2008, p. 205), promover a tomada de “consciência do seu entorno social, de seus compromisso e responsabilidades perante os coletivos que participa”, em outras palavras, a tomada de consciência do seu lugar no mundo. Mais ainda, para que seja alcançada uma ampla participação social em C&T, da análise de impacto, à elaboração das agendas de pesquisa, atravessada pelo engajamento popular na produção de C&T, é preciso que a ciência e a engenharia sejam *hacked*. Como traz Parra et al.,

“é provável que a construção de mecanismos mais participativos requeira o desenvolvimento de novas instituições, práticas, protocolos e espaços que facilitem formas mais horizontais, simétricas e distribuídas de interação entre as organizações de cientistas e as mobilizações de cidadãos” (Parra et al., 2017, p. 4)

Em síntese, no campo da educação em C&T, é preciso que essa atue na promoção da participação social na área como pontuado na questão V, incorpore, na formação de capacidades de ação emancipatórias, as práticas, filosofias e ferramentas de código aberto – incluindo os aspectos de descentralização da tecnologia e a cultura da participação, colaboração e autonomia coletiva -, além de toda visão crítica à neutralidade da ciência e o determinismo tecnológico, e a vontade libertadora que impulse as pessoas à superação das injustiças e opressões. A participação social abordada se estende para a própria participação na condução ou no fazer científico e tecnológico, seja ele autônomo, não-profissional ou fruto da mudança de prática de grupos traicionais e profissionais de C&T, aos moldes da ciência aberta, cidadã e comunitária. Trata sobre a produção de alternativas livres, colaborativas e

descentralizadas de tecnologia que mediem a participação sem submeterem as pessoas ao controle e vigilância.

#### **4.6 Como alternativas ao paradigma proprietário no ensino de ciências e tecnologia podem favorecer a educação emancipatória?**

A alternativa ao paradigma proprietário discutida foi, principalmente, a filosofia de código aberto, com suas ferramentas e práticas; alinhadas a elas, a ideologia e práticas da ciência colaborativa e cidadã foram também abordadas como caminhos possíveis. A partir disso, como essas alternativas podem favorecer a educação emancipatória? Nos parágrafos que seguem os tópicos discutidos anteriormente serão retomados e conectados à questão de pesquisa central da dissertação.

No contexto de cada escola, universidade, ou espaço educacional, a adoção do conhecimento aberto diminui a escassez do conhecimento disponível por, primeiramente, significar maior acesso a conteúdos diversos e por possibilitar o desenvolvimento de habilidades que permitem que novos tipos de conhecimento sejam compreendidos, interpretado, mobilizados e criados. Para Freire, ensinar é criar a possibilidade de criar conhecimento, é criar a percepção nos educandos que eles também podem ser produtores de saber, não só consumidores; nesse sentido, o conhecimento aberto contribui pelo mencionado acima e por seus aspectos filosóficos e comunitários, também quando associados à ciência cidadã, ao promover que as pessoas se engajem, não só como operadores passivos e silenciados, mas como parte das mentes que pensam e conduzem o desenvolvimento de tecnologias e pesquisas científicas. Na educação, a incorporação dessas noções pode transformar os espaços e momentos de ensino em oportunidades para a ativa participação em C&T, ou para a preparação técnica e ideológica esperançosa para essa cooperação. Por

exemplo, o caso da Sirene escolar do CTA Jr., já mencionado, e as ações de educação *hacker* analisadas por Menezes (2018).

Freire destaca que os espaços de educação, mesmo que se propondo emancipatórios, não devem ser confundidos com “comícios libertadores”; tampouco, podem ser espaços “neutros”. A harmonização entre os conteúdos e a reflexão crítica é crucial para que a educação cumpra seu papel de ensinar e libertar (Freire, 1996). Nessa dialogicidade, a incorporação do conhecimento aberto adiciona mais uma camada nesse processo: o acesso e ensino de conteúdos, facilitado por ferramentas que, em si, são também meios para aprender novas técnicas, práticas e temas, enquanto a filosofia crítica do movimento é em si denuncia de algumas formas de dominação e alternativa a elas.

A educação emancipatória tem como um de seus pilares a tomada de consciência do indivíduo do seu lugar no mundo. Como discutido, as sociedades modernas e, em consequência, seus indivíduos, são altamente dependentes de produtos do conhecimento científico, tecnológico e da engenharia, tais como complexos sistemas computacionais, redes de internet, técnicas de medicina avançadas, fármacos de difícil produção, e sistemas de geração de energia de grande complexidade, etc. Por comporem a sociedade, são elementos que constituem a realidade dos indivíduos de tal forma que, compreender o seu lugar no mundo passa, entre outras coisas, por compreender a ciência e a engenharia. Assim, mudanças que favoreçam uma aprendizagem técnica e teórica, de uma perspectiva crítica, sobre C&T colaboram com essa tomada de consciência. A integração à formação em C&T é uma forma de aliar essa conscientização à possibilidade de transformação da realidade do indivíduo e em torno dele.

As discussões das seções anteriores, em especial na seção 4.4, abordam de maneira ampla as relações entre a educação emancipatória em C&T e o conhecimento aberto. Esse último contribui para a educação emancipatória a medida que favorece a formação de

capacidades de ação emancipatórias. Esses conhecimentos são emancipatórios, pois, uma vez internalizados, aprendidos, pelos indivíduos e grupos, podem ser mobilizados para superar dependências indesejáveis do seu próprio ponto de vista. Seja para se emancipar e libertar de visões científicas limitadas, seja para se apropriar dela e se libertar de forças políticas e religiosas mal-intencionadas, ou, ainda, para participar na produção de C&T, essa perspectiva de ensino possibilita que o indivíduo se aproprie dos conhecimentos sobre o seu mundo, dos seres biológicos aos sistemas digitais, da sociologia a psicologia. Contribuem também para o aumento do poder social na medida que descentralizam e diversificam o domínio na produção, acesso e uso do conhecimento (e tecnologias) de interesse social. Sua adaptabilidade, fruto da documentação e licenças abertas, permite sua contextualização ou modificação para se adequar a necessidades específicas, e favorece que derivações sejam continuadas independente de seus criadores originais.

Como apontado por Parra et al. (2018) e Parra e Abdo (2016), o atual cenário de controle e vigilância causado pela centralização da *internet* e serviços de telecomunicação nas mãos de megacorporações e Estados desloca o centro da dominação e da disciplina. Se antes feitos em fábricas e escolas, com o auxílio das onipresentes ferramentas (proprietárias) de *software* e da conectividade, o controle hoje é feito ao longo de toda uma vida, com o uso de dados doados em troca de poucos serviços. Imersos nesse aterrorizante presente distópico, as produções dessa dissertação tem como objetivo primordial a proposição de alternativas que desobedeçam protocolos de comportamento predefinidos pelas tecnologias que mediam nossas ações. Nesse sentido, a troca de ferramentas e práticas proprietárias por ferramentas livres, ou ainda, pela cultura de colaboração para a produção de soluções livres, é um rompimento com esse paradigma. Contribui diretamente na desburocratização das mentes, por serem opções as ferramentas conformadores<sup>103</sup>; ao serem aliadas aos aspectos da educação

---

103 Uma tecnologia livre também pode levar à formatação das formas de pensar e agir, contudo seu caráter livre favorece que uma mesma tecnologia tenha diversas versões, como o caso do sistema operacional Linux/GNU que, apesar de ser conhecido como a única alternativa ao Windows, possui mais de 250

emancipatória destacados – ser mais, crítico, transformativo, esperançoso, curioso –, são a possibilidade de dialogicidade entre a práxis e a reflexão emancipatórias.

Além de todas as consequências de sua incorporação para a educação C&T mencionadas, contribui também para que a filosofia do código aberto seja mais difundida entre profissionais da área, favorecendo que elementos seus sejam assimilados à sua prática normal. Como consequência, esperar-se-ia o aumento da compreensão da importância social e do incentivo à produção de conhecimento aberto, bem como o aumento no uso e desenvolvimento de tecnologias livres.

Uma das formas de integrar os conhecimentos abertos à formação superior é os associando a disciplinas já existentes nas grades curriculares. As disciplinas de física têm grande potencial para isso, pois são base para grande parte dos cursos de engenharia e muitos cursos de ciências exatas. O uso de REA no ensino de física já é uma prática recorrente, como exemplificado nos 124 artigos identificados na revisão da literatura discutida na seção 2.2, ou pela grande variedade repositórios abertos<sup>104</sup>. Especialmente voltados para a montagem de experimentos, simulações computacionais e modelagem científica (e.g. Barneto & Martín, 2006; Bezerra Jr et al., 2012), os conteúdos abordados abrangem um grande espectro da física, variando desde queda livre (e.g. Baldo et al., 2016) até quântica (e.g. Singh, 2008). Também a área da física está associada com o movimento de acesso aberto desde o seu início, tendo sido berço para um dos primeiros repositórios de artigos científicos, o arXiv (Ginsparg, 2009), e também palco do laboratório de física de partículas, o CERN<sup>105</sup>, que, como mencionado em diversos momentos dessa dissertação, tem importante papel no

---

variedades (“Lista de distribuições de Linux”, 2020).

104 Alguns exemplos brasileiros são o RELIA (<https://relia.org.br>), o Cienciação (<https://www.ciensacao.org>), e a Plataforma Ansinio Texeira (<http://pat.educacao.ba.gov.br/>). Acessados em Setembro de 2020.

105 No Brasil, o Laboratório Nacional de Luz Síncrona está também alinhado com essa filosofia. Parte de sua mais nova fonte de luz síncrona, mais especificamente os subsistema de monitores de posição do feixe, tem sido desenvolvidos como *hardware* de código aberto. O repositório desse subsistema está disponível em: <https://ohwr.org/project/bpm/wikis/home>. Acessado em Outubro de 2020.



movimento – da criação da WWW aos repositórios de *hardware* de código aberto (Ginsparg, 2009; Lipinski et al., 2018a).

Como destacado por Knox (2013) e neste trabalho, os REA são ferramentas para serem associadas a metodologias e pedagogias de ensino, não sendo, por si só, suficientes para o ensino; o mesmo vale para a noção de conhecimento aberto discutida nesse trabalho. O uso de recursos digitais e laboratórios didáticos no ensino de física são amplamente estudados, com resultados positivos para a aprendizagem (e.g. Saavedra Filho et al., 2017) quando seguindo metodologias adequadas. De maneira similar, a educação emancipatória também não depende apenas da boa vontade de educadores; necessita ser associada a estratégias de ensino. Nesse caminho, seguem trabalhos na área da educação emancipatória no ensino de ciências, de engenharia e de física (e.g. Carletto, 2009; Muenchen & Delizoicov, 2014; Pellon, 2019). Contribuições nessa linha se somam para a superação do ensino predominantemente técnico e acrítico dos cursos de ciências exatas, entre elas, a própria física.

Exemplo do uso de conceitos físicos em projetos de tecnologias livres e de ciência aberta e comunitária são menos visíveis, mas não menos importantes. Os projetos geralmente envolvem questões ambientais<sup>106</sup>, ou são centrados nos aspectos tecnológicos<sup>107</sup>. Ainda assim, aplicações dos conceitos de física estão envolvidos no desenvolvimento dos projetos da análise dos dados e resultados - por exemplo, a compreensão de leituras de condutividade da água passam, necessariamente, pela compreensão das propriedades elétricas das moléculas de água e demais componentes presentes nos rios e mares - às habilidades técnicas comuns à prática científica da física - como a programação, modelagem matemática, eletricidade e eletrônica. Portanto, os conceitos e habilidades aprendidos em cursos de física são parte das

---

<sup>106</sup> Tais como os projetos promovidos pelo InfoAmazônia (<https://infoamazonia.org/>), pelo grupo Ciência Aberta Ubatuba (<http://cienciaaberta.ubatuba.cc/>) e pelo Public Lab (<https://publiclab.org/>). Acessados em Outubro de 2020.

<sup>107</sup> De tecnologias comunitárias, como o Baobáxia (<https://baobaxia.mocambos.net>) a equipamentos científicos para física de altas energias, como o *White Rabbit* (Lipinski et al., 2018a).

capacidades de ação emancipatórias que podem ser mobilizados na superação de injustiças e na transformação da realidade.

A educação emancipatória de C&T, ao trocar as práticas e ferramentas tradicionais - baseadas em lógicas proprietárias e acríticas -, por práticas de documentação e de colaboração, uso e produção de conteúdos e tecnologias abertas, na filosofia da construção de redes de hiperobjetos, a defesa pelo uso, estudo, modificação, fabricação e distribuição de obras e tecnologias que se alinham com a cultura de código aberto traz para si, ou ainda, para os educadores e educandos envolvidos, maiores capacidades de agir em suas vidas - essas capacidades não são apenas individuais; as transformações que geram envolvem também o entorno dos indivíduos.

Por todo o exposto, o conhecimento aberto, com suas práticas, filosofias e ferramentas, é uma alternativa ao paradigma proprietário no ensino de C&T que favorece a educação emancipatória, principalmente nos seguintes aspectos: dialogicidade entre reflexão e ação, consciência do lugar no mundo, esperança na, e possibilidades para a, transformação da realidade e criação de conhecimento, engajamento na própria libertação e desburocratização das mentes. Há ainda outros aspectos da educação emancipatória que devem ser melhor discutidos em pesquisas futuras, como a curiosidade epistemológica e as situações limitesituções-limite. É preciso também desenvolver mais como essas ideias podem ser incorporadas ao ensino na prática, seja em espaços formais ou informais. Ainda assim, as reflexões expostas são um movimento inicial para que o conhecimento aberto seja incorporado à educação em C&T com toda sua complexidade e potencial, e não o resumido a ferramentas e materiais. Na seção seguinte será apresentado uma retomada dos capítulos anteriores, explicitando os elementos que respondem as questões de pesquisa que guiaram o trabalho. Por fim, algumas considerações finais e ponderações sobre as discussões levantadas serão indicadas.

## 5 Considerações Finais

Nesse capítulo serão apontadas perspectivas futuras de pesquisa e problematizações sobre os pontos levantados anteriormente. Para isso, inicialmente as ideias apresentadas serão recapituladas e, a seguir, serão feitas as considerações finais desta dissertação.

### 5.1 Recapitulação

No presente trabalho buscamos discutir um caminho para a superação do paradigma proprietário na educação. Tal tema tem se mostrado importante pela crescente adoção acrítica de tecnologias digitais proprietárias na educação e a conseqüente formatação do pensar. Para além da educação, em especial na produção de C&T, tal questão é tema de debate desde o surgimento da propriedade intelectual (FGV, 2011), e atualmente tem sido conduzido pelos movimentos de código aberto. Considerando o papel libertário e transformador da educação, o presente trabalho buscou discutir e propor alternativas baseadas no conhecimento aberto, considerando também suas relações com a sociedade. Muitas considerações e ponderações podem ser traçadas a partir do produzido; para tanto, nos próximos parágrafos serão retomadas as etapas apresentadas nessa dissertação e, por fim, perspectivas futuras para o estudo serão abordadas.

Para discutir o tema proposto, primeiro foi feito um mapeamento na área de ensino de C&T dos trabalhos que abordam propostas de movimentos de código aberto, alternativas à lógica proprietária. Inicialmente, foi realizada a análise de 11 trabalhos sobre Educação CTS, dentre eles revisões da literatura, estudos do estado da arte ou apresentação de fundamentos básicos da área, abrangendo autores das linhas Latino-americana, Norte-americana e Europeia. Não identificamos menções a tópicos sobre conhecimento aberto ou similares,

possivelmente devido à dificuldade da área em absorver novos e atualizados pensamentos e práticas sobre C&T (Strieder, 2012).

Na segunda etapa, foi realizada uma revisão sistemática em periódicos de ensino de ciências e engenharia e 281 de trabalhos sobre o assunto foram encontrados. Com enfoque majoritário em tecnologias livre (255 trabalhos), as abordagens têm caráter utilitarista – por ignorar os aspectos filosóficos e ideológicos das ferramentas livres - ou ingênuo – por apresentar discussões resumidas e não aprofundar em reflexões críticas sobre o assunto. Os trabalhos sobre REA (Matta, 2012; R. B. Silva et al., 2015; Souza et al., 2019) apresentam maior aprofundamento na discussão, mas pouco desenvolvem sobre como os benefícios desses recursos e práticas podem contribuir positivamente para a educação e para a sociedade. Todos os tratamentos identificados, de forma mais ou menos elaborada, convergem para vantagens como o baixo custo, adaptabilidade e a possibilidade de trabalho colaborativo.

Identificada a ausência de discussões mais aprofundadas nos trabalhos revisados, destacou-se, por exemplo, como a superficialidade do debate pode levar a uma redução do potencial dessas ferramentas e práticas, as comparando a soluções proprietárias de baixo custo, ou impossibilitando que se compreenda vantagens que transcendem as econômicas. Na educação, por exemplo, podem não ser associadas a discussões relevantes sobre C&T que transcendam o aspecto da propriedade intelectual e do código aberto - como a participação e colaboração na C&T ou o senso crítico e humanístico. A falta de base teórica nas pesquisas em ensino de C&T que discutam as implicações pedagógicas e sociais da adoção de ferramentas, práticas e filosofias de código aberto reforça a urgência de uma teoria que discuta como o conhecimento aberto, na educação, pode transformar as relações CTS e como podem contribuir para a superação de desigualdades e injustiças sociais.

Diante da lacuna identificada, o estudo realizado nesta dissertação foca no aprofundamento sobre o uso de ferramentas, práticas e filosofias de código aberto no ensino

de Ciências. Três pilares sustentam esse aprofundamento: a TSC de Stehr (Adolf & Stehr, 2017; Stehr, 2000, 2008, 2018), a educação emancipatória de Freire (Freire, 1974, 1996) e os movimentos de código aberto em associação com os Hiperobjetos de Pezzi (Pezzi, 2015). A TSC, de Stehr, é uma extensa teoria em que se analisam as sociedades modernas da perspectiva do valor e importância econômica do conhecimento. Da leitura do conhecimento como capacidade de ação, discute os elementos de escassez do conhecimento e suas propriedades. Sem impor limites valorativos entre os diferentes tipos de conhecimento, destaca o conhecimento científico e tecnológico como principal força produtiva e agregador de valor adicional. Além disso, trata da influência de determinados tipos de conhecimento, ao qual chamou de competências sociais, na modulação das desigualdades sociais e na estratificação dos indivíduos.

Do estudo de Freire, foram destacadas suas ideias sobre a missão libertária da educação. Na articulação entre o conteúdo, o conhecimento concreto, a ser ensinado e o engajamento na própria libertação, Freire argumenta a favor de uma pedagogia do respeito mútuo, diálogo honesto e da complementariedade da ação e reflexão. O indivíduo, condicionado, mas inacabado, tem sempre a possibilidade de ser mais, e a educação emancipatória tem como dever cultivar o pensamento crítico, curioso e esperançoso, e a consciência do seu lugar no mundo e da convicção que sua mudança é possível. Ensinar é, então, criar as possibilidades materiais e intelectuais para a construção de conhecimento, o que exige a desburocratização das mentes e a autonomia. Assim, a educação emancipatória reúne todas essas premissas e objetivos na intervenção e transformação que os próprios educadores e educandos podem fazer na sua realidade. Resumindo-se, os elementos da educação freiriana levantados foram: a dialogicidade entre a reflexão e a ação, consciência do lugar no mundo, esperança na, e possibilidades para a, transformação da realidade e criação de conhecimento, engajamento na própria libertação e desburocratização das mentes. Freire

levantou ainda mais aspectos essenciais à educação, não mencionados no texto, mas que serão pontuados ao final desta seção.

Os movimentos de código aberto têm diferentes enfoques: *Software* Livre e de Código Aberto, *Hardware* de Código Aberto, Recursos Educacionais Abertos, Dados Abertos, Acesso Aberto, Ciência Aberta, Cultura Livre. Unem-se pela defesa ao uso, estudo, modificação e distribuição de conteúdos, textos, dados, protocolos, tutoriais, desenhos e códigos, conseqüentemente, à sua publicação pública e sob licenças abertas; se conectam também pela cultura da colaboração e do compartilhamento. Baseiam sua argumentação na eficiência dessas práticas para a inovação e para o desenvolvimento da C&T, ou por serem, de diversas maneiras, melhores para a sociedade, em especial pela democratização do conhecimento e a participação social no C&T. Diferem-se, contudo, na multiplicidade de visões sobre quais etapas e conteúdos devem ser abertos, ou ainda pela invisibilidade que importantes aspectos em um movimento têm em outro.

A teoria dos Hiperobjetos, por outro lado, os aproxima, em especial a ciência aberta e as tecnologias livres. Tal visão conecta obras (digitais ou não), à sua documentação (uso, desenvolvimento, fabricação, etc.), às suas licenças abertas, aos seus produtos e aos equipamentos/instrumentos que os produzem, explicitando as ligações entre as redes de *hyperlinks* virtuais e o mundo material. Os hiperobjetos são tantos os objetos físicos quanto os conhecimentos a eles conectados que permitem seu uso, estudo, modificação e distribuição; quanto mais conexões e tecnologias livres forem usadas no processo, maior a liberdade para se transitar pela rede de hiperobjetos. Apesar dos detalhes e ampla discussão, nenhuma das visões sobre conhecimento aberto apresentadas engloba todos os aspectos do movimento, nem mesmo a teoria de Hiperobjetos.

Baseados no que foi exposto, quatro questões estruturaram a pesquisa, iniciando pela questão “Qual a concepção de conhecimento aberto originada dos movimentos de código

aberto?”, resumidamente respondida a seguir. A interpretação expandida dos Hiperobjetos, que destaca as práticas e subjetividades, agregada à noção de complementariedade entre obra, documentação e licença, amplia o conceito de conhecimento aberto, exigindo uma interpretação dele sempre no plural, ou seja, em rede, e composto, obra-documentação-licença. Seu caráter de código aberto se mantém presente na associação direta às licenças e documentação, e carrega consigo, em especial pelo caráter de rede, a cultura de colaboração e compartilhamentos e as liberdades de uso, estudo, modificação e distribuição. Ou seja, conhecimento aberto não é apenas ferramentas e conteúdos abertos; engloba também as filosofias e práticas dos movimentos de código aberto.

A segunda questão, “Quais as implicações do conhecimento aberto no acesso ao conhecimento em uma sociedade do conhecimento?”, foi trabalhada a partir da análise do conhecimento aberto na TSC. Como resultado, obteve-se a interpretação de que essas práticas e ideologias contribuem na diminuição da escassez dos conhecimentos incrementais e atenuação das barreiras para a formação de habilidades interpretativas e técnicas, colaborando também para o maior acesso a competências sociais de evitação e proteção. Evidentemente, outras diversas características das sociedades modernas permanecem dificultando o acesso ao conhecimento ou impedindo a ação. Entre elas, os aspectos racistas, machistas, capacitistas e coloniais do conhecimento, incluindo o científico e tecnológico, das instituições que gerenciam e produzem tais saberes, e também que dominam o cenário político, e da própria cultura de maneira generalizada. Assim, apesar de o conhecimento aberto contribuir para a dissolução das desigualdades sociais na medida em que possibilita maior acesso e domínio a conhecimentos, em especial o científico e tecnológico, de maneira alguma se defende que ele é capaz de dissolver as estruturas de poder que perpetuam e se alimentam de desigualdades sociais.

A terceira questão aborda as características de uma educação emancipatória em uma sociedade do conhecimento, provocando o diálogo entre essas duas teorias. A partir dessa união foi proposto o conceito de Capacidade de Ação Emancipatória, que une a perspectiva de conhecimento como capacidade de ação e sua atual influência nos processos de desigualdades sociais com a visão emancipatória da educação e do próprio conhecimento. Esse olhar proporcionou uma concepção de que a educação emancipatória, para além do engajamento, da curiosidade epistemológica e a autonomia, desenvolve também competências sociais que possibilitam a proteção e evitação, e também a criação e a transformação da realidade do indivíduo e do seu entorno. Por esse motivo, é uma educação que promove o desenvolvimento de capacidades de ação emancipatórias. Esses conhecimentos são emancipatórios na medida que, uma vez internalizados, aprendidos, pelos indivíduos e grupos, podem ser mobilizados para superar dependências indesejáveis do seu próprio ponto de vista.

A partir da noção de capacidade de ação emancipatória, focou-se em discutir quais as características e implicações de uma educação emancipatória baseada no conhecimento aberto em uma sociedade do conhecimento. De maneira reduzida, defendeu-se as diversas formas com que a adoção de conhecimento aberto na educação favorece a formação de capacidades de ação emancipatória, o diálogo entre ação e reflexão, o engajamento e esperança na transformação do mundo, a resistência à burocratização das mentes. Apesar de o conhecimento aberto ser um resultado do diálogo entre ação e reflexão, não é suficiente para ser emancipatório. Liberdade e emancipação não se resumem às liberdades de uso, estudo, modificação e distribuição; sem a consciência da situação de injustiça, o engajamento na libertação e a esperança da transformação, o conhecimento aberto não será emancipatório. Ainda assim, a educação emancipatória, na sua missão de libertação das mentes e corpos, da libertação do ser e agir, tem seu potencial amplificado ao adotar as práticas, filosofias e, é claro, as obras de conhecimento aberto, pois esse conjunto favorece tanto o desenvolvimento



de habilidades e acesso a instrumentos que transformam a realidade do indivíduo e o seu redor, quanto sua filosofia traz para o conteúdo ensinado a ideologia do *remix* e a possibilidade de ação no mundo. Além da adaptação, essa cultura fomenta a criação de novas tecnologias e conhecimentos, assim como contribui para a diminuição das distâncias entre especialistas e não-especialistas. Diversificar as tecnologias educacionais disponíveis é também diversificar as formas de pensar, criar e agir; as tecnologias livres, e os REA, de maneira geral, favorecem isso por dificultarem o monopólio e favorecerem a diversidade de opções. Por esse motivo, representam ações práticas de confronto à burocratização das mentes. Em resumo, os conteúdos, ferramentas, práticas e a filosofia do conhecimento aberto são parte de uma educação emancipatória, pois são alternativas não-proprietárias que, além de contribuírem com a proteção e autonomia das pessoas, também são instrumentos para a construção de culturas, conhecimentos e educações emancipatórias.

Na seção seguinte, reflete-se sobre, a partir do até então discutido, de que modo uma educação em C&T fundamentada no conhecimento aberto pode contribuir para uma educação emancipatória que promova a participação social na C&T. A educação científica e tecnológica é essencial para a tomada de consciência e emancipação nas sociedades modernas, já que essas são altamente dependentes de complexos sistemas tecnológicos e científicos, como sistemas computacionais, produção de fármacos, etc. O conhecimento aberto nessa educação viabiliza que estudantes, professores e gestores se apropriem de tecnologias e técnicas profissionais de engenharia, ciência e produção audiovisual, de maneira a aumentar sua capacidade de ação sobre o mundo, seja ele artístico, cultural, científico e político. No âmbito da engenharia, maior disponibilização e domínio de conhecimentos científicos e tecnológicos resultam em uma maior emancipação coletiva, revertendo em maior autonomia para o país, ou comunidade, do qual esses profissionais fazem parte. Por todo o exposto anteriormente, a educação emancipatória em C&T baseada no conhecimento aberto contribui com várias

etapas da participação social na área: na formulação das agendas de pesquisa, na condução e participação ativa nas pesquisas e na própria análise crítica dos seus impactos.

O paradigma proprietário, entendido como o pensamento, acrítico, de que as soluções proprietárias são as únicas e melhores, leva a educação, de maneira geral, a negligenciar o conhecimento aberto como opção. Quando considerada como tal, por ser reduzida ao baixo custo, ignora-se que seu potencial de mudança vai além do acesso. Na educação em C&T, da perspectiva emancipatória, o conhecimento aberto potencializa a formação de capacidades de ação emancipatória, em especial aquelas que envolvem técnicas e instrumentos científicos e tecnológicos, ou que estão inserida no contexto de C&T. É, portanto, uma alternativa que amplia a participação social e a descentralização da C&T, trazendo para educadores e educandos maior capacidade de agir sobre suas vidas e arredores. Em relação direta com a educação emancipatória, todo o discutido mostra como essas práticas, filosofias e ferramentas colaboram para o engajamento na libertação, esperança na transformação, dialogicidade ação-reflexão, criação de conhecimento e desburocratização das mentes.

## **5.2 Perspectivas futuras**

As reflexões e propostas desta dissertação não são respostas definitivas para suas questões de pesquisa. Em parte porque a sociedade é dinâmica, produzindo sempre novas questões a serem respondidas, mas também porque os temas abordados são, todos, profundos e complexos. Por isso, há ainda muito a ser trabalhado sobre a interface entre os movimentos de código aberto, sobre a educação em C&T de caráter emancipatória, sobre a participação social em C&T e sobre a TSC. A seguir, algumas ponderações sobre esses tópicos serão apontados, indicando possíveis caminhos para esta pesquisa.

As críticas a teorias sobre sociedade do conhecimento encontradas na literatura (e.g. Duarte, 2013) estão desalinhadas do que a TSC propõe, de forma que delas pouco foi possível extrair para o aprimoramento da aplicação da teoria à educação. Por esse motivo, se faz necessário uma reflexão atenta sobre essa linha de pensamento, articulando a outras teorias que analisam as desigualdades sociais e os processos de dominação nas sociedades contemporâneas. Pelos pontos levantados na seção 3.1, dois são os aspectos que precisam ser melhor desenvolvidos na teoria. O primeiro é como, e se, a TSC - ou seja, o conhecimento como estruturador das desigualdades sociais - pode dialogar com teorias que explicam as desigualdades sociais da perspectiva da perpetuação de hierarquias de poder econômicas e políticas, bem como baseadas em características imputadas. O segundo ponto é como a centralidade econômica do conhecimento se relaciona com a crescente importância política e também econômica dos dados e das TIC, e com o monopólio da GAFAM sobre elas. Indica-se então que ambas as questões são de suma importância para a continuidade de pesquisas que usem a TSC para analisar a sociedade, em especial no contexto da educação dos países do Sul Global.

Os movimentos de código aberto foram centralizados na metodologia de publicação e na ideologia de livre acesso ao conhecimento, e suas inúmeras vantagens individuais e sociais foram discutidas. Apesar disso, carece, de maneira geral, nesses movimentos a ampliação da discussão de liberdade para além do acesso e uso de tecnologias e conteúdos e um pensamento crítico quanto à neutralidade e eficiência das tecnologias e da ciência. Tanto a nível ideológico, como em suas ações, é preciso fomentar discussões sobre o papel da tecnologia e da ciência na reprodução de injustiças e do pensamento patriarcal e colonial. Quanto à defesa irrestrita ao acesso a todos os conteúdos, é preciso considerar que a simples abolição das leis de propriedade intelectual não conduzirão à maior democratização do conhecimento. A falta de regulação na área pode manter os privilégios e vantagens das

grandes indústrias e corporações transnacionais, por exemplo, na apropriação de conhecimentos produzidos por instituições públicas ou dos saberes e práticas de comunidades populares e povos originários.

O uso de tecnologias digitais e da *internet* foi apontado, desde a sua popularização, como ferramenta para a democratização do conhecimento; a inclusão digital passou então a ser pauta de escolas e governos e, em 2011, a Organização das Nações Unidas (ONU) declarou acesso à *internet* um direito universal<sup>108</sup>. As críticas recentes quanto à monopolização da *internet* (e.g. Parra et al., 2017; Parra & Abdo, 2016), trouxeram para o debate público - como evidenciado pelo recente sucesso do documentário *Dilema nas Redes* (e.g. Carneiro, 2020; Dias, 2020) - as problemáticas já denunciadas pelo movimento de *software* livre na década de 80 (FSF, 2020c). Por esses motivos, acredita-se que os próximos anos serão de grandes mudanças na relação entre sociedade e *internet*, sendo cruciais para definir como as escolas irão se posicionar quanto ao assunto. Se, por um lado, elas têm contribuído para o avanço da dominação das tecnologias proprietárias (IEA, 2020), o crescente debate público sobre o assunto e o surgimento de leis de regulação da *internet*<sup>109</sup> podem, e devem, ser mobilizados em contextos educacionais para a conscientização sobre o assunto e para fortalecer a pressão social por leis e políticas que protejam a privacidade dos indivíduos e a própria democracia. Portanto, pesquisas futuras sobre o uso de tecnologias digitais e da *internet* na educação não podem se esquivar de discutir as consequências políticas, sociais e individuais negativas do seu indiscriminado uso. Devem, assim, assumir uma postura crítica e transformativa para que a escola não permaneça sendo um espaço de reprodução dos discursos dominantes, e sim um espaço de libertação.

---

108 Relatório disponível em: <https://www.ohchr.org/EN/Issues/FreedomOpinion/Pages/OpinionIndex.aspx>. Acessado em Outubro de 2020.

109 Do Marco Civil da Internet, publicado em 2014, à Lei Geral de Proteção de Dados, sancionada em 2018 (Cardoso, 2020).

É também importante ressaltar que o novo e imprevisível cenário de pós-verdade em que nos encontramos exige também que novos mecanismos de participação social sejam pensados. Destaca-se que o domínio das *big techs* sobre as TIC, principalmente as redes sociais, tem sido apontado como um dos geradores de distorção da percepção de realidade. Os algoritmos, que respondem a interesses de maximização dos lucros dessas empresas, tem sido responsabilizados pela proliferação de notícias falsas e pela criação de “bolhas”; como resultado, formas mais sutis e eficientes de manipulação da opinião pública surgiram. Apesar da participação social sempre ter estado sob o risco de ser instrumento de interesses que não o das pessoas participantes, esse novo e imprevisível contexto traz a necessidade de que também serem repensados os mecanismos de participação social.

A ideia de capacidade de ação apresentada não representa uma forma de agir nova, e sim uma diferente forma de ler e entender a produção e mobilização de conhecimento. Para aprofundar essa compreensão, se faz necessário o estudo de um, ou mais, casos; em especial, aqueles que envolvem a mobilização de conhecimentos de C&T para a emancipação, libertação, ou ainda, um drible esperançoso das desigualdades sociais.

Quanto à pedagogia de Freire, destaca-se que ela não foi completamente abordada no trabalho, tendo sido reduzida para que o diálogo com ela fosse iniciado. Por exemplo, pouco foi discutido sobre a superação das situações-limite, sobre a práxis, o inédito viável e os temas geradores, ideias essenciais do pensamento de Freire. Para levar as capacidades de ação emancipatórias da teoria para a prática, essas e outras categorias freirianas não mencionadas no presente texto devem ser considerados em estudos futuros.

As atividades e metodologias que escolas e universidades podem adotar para promover as capacidades de ação emancipatórias em ciências e tecnologia é um tema ainda por ser desenvolvido; a área de ensino de física se mostra um bom ponto de partida para estudos futuros sobre o assunto por diversos motivos, sendo que, pelo menos, três deles serão

mencionadas a seguir. Inicialmente, dado que seus conteúdos são obrigatórios no Ensino Médio e compõem o ciclo básico de muitos cursos de engenharia e ciências exatas, é uma área associada tanto à formação básica quanto superior, e está diretamente associada à C&T. Assim, o desenvolvimento de metodologias, de materiais didáticos e a formação de professores sobre conhecimento aberto e capacidades de ação emancipatórias pode ter impacto tanto na formação básica, realizada em escolas, como na formação profissional de cientistas, técnicos e engenheiros.

Além disso, pesquisadores e professores têm associado conceitos freirianos ao ensino de física há várias décadas, partindo desde associações simbólicas até a aplicação da metodologia freiriana na prática (Muenchen & Delizoicov, 2014; Siqueira Rodrigues, 2017). Por exemplo, a metodologia conhecida como Três Momentos Didáticos (3MP) tem sido aplicada no ensino de ciências desde sua publicação em livros didáticos oficiais no início dos anos 80 (Muenchen & Delizoicov, 2014). Essa dinâmica foca em apresentar os conteúdos de forma dialógica, com o objetivo de que sejam integrados à vida dos educandos, e não apenas memorizados. Como o nome indica, essa dinâmica é dividida em três etapas; na primeira, de problematização inicial, os estudantes são provocados a tomar um distanciamento crítico dos temas abordados e instigar sua curiosidade e consciência da necessidade de ser mais. As etapas seguintes, de organização e de aplicação do conhecimento, são reservadas para o estudo dos conteúdos de física e sua aplicação em situações diversas (Muenchen & Delizoicov, 2014). O foco em física e a preocupação crítica dessa metodologia, portanto, podem servir de ponto de partida para estudos futuros sobre um ensino baseado no conhecimento aberto e voltado para a formação de capacidades de ação.

Outra abordagem possível é associar o tema a métodos ativos de ensino<sup>110</sup>. Estudos empíricos têm apontado bons resultados para o seu uso no ensino de ciências, especialmente o universitário (Espinosa, 2019); têm sido também indicados como modelos alternativos que propiciam um aumento do engajamento e da aprendizagem dos estudantes e o envolvimento ativo e colaborativo dos alunos, que passam de agentes passivos a propulsores da própria aprendizagem (Pasqualetto et al., 2017). No ensino de física, Pasqualetto et al. (2017) apontam para a importância das metodologias ativas para o desenvolvimento de habilidades como a transposição do conhecimento em diferentes contextos, o uso de ferramentas tecnológicas e o desenvolvimento de habilidades associadas à responsabilidade social. Por terem como centro o estudante e a promoção de atividades práticas, desenvolvimento de projetos, solução de problemas e diálogo e colaboração entre estudantes, é um terreno fértil para que as capacidades de ação emancipatórias sejam promovidas.

A metodologia conhecida como Aprendizagem Baseada em Projetos (ABP), por exemplo, propicia um espaço não só para o aprendizado de conteúdos escolares tradicionais, como também para o desenvolvimento de habilidades como trabalho colaborativo, resolução de problemas abertos e pensamento interdisciplinar (Pasqualetto et al., 2017). Em extensa revisão da literatura sobre a ABP no ensino de física, Pasqualetto et al. (2017) encontrou uma ampla produção na área, indicando que esse método tem sido aplicado, e estudado, no ensino de física, em especial no de nível superior. O sucesso dessas metodologias tem sido tamanho que, por exemplo, as novas Diretrizes Curriculares Nacionais (DCNs) dos cursos de Graduação em Engenharia, aprovadas no início de 2019, recomendam, como forma de aprimorar o ensino na área, a extensa incorporação desses métodos nos cursos de engenharia (Brasil et al., 2019).

---

<sup>110</sup> Métodos ativos, também conhecidos como metodologias ativas de ensino, ou de aprendizagem, são um campo amplo e diverso que reúne métodos centrados na promoção do engajamento ativo e colaborativo dos estudantes no processo de ensino e de aprendizagem. São exemplos o Peer Instruction, o Just-in-Time Teaching e o Team-Based Learning e a Aprendizagem Baseada em Projetos (Espinosa, 2019).

Contudo, os métodos ativos, de maneira geral, são aplicados, pelos professores, como técnicas sem a explicitação dos discursos que os legitimam; similarmente, não costumam incluir em suas atividades ações de reflexão crítica quanto as práticas e filosofias relacionadas aos conteúdos ensinados (Espinosa, 2019); tendem, assim, a perpetuar discursos e práticas que promovem e sustentam injustiças e desigualdades sociais, de maneira similar ao feito pelo ensino tradicional. A associação da noção de capacidades de ação emancipatórias a elas é um caminho promissor para agregar elementos da pedagogia Freireiana a metodologias de ensino que já estão sendo amplamente adotadas, e que possuem resultados empíricos promissores. Por exemplo, projetos aplicados usando a ABP podem requisitar que também os aspectos ambientais e sociais sejam pensados pelos estudantes, ou ainda, que os projetos envolvam a resolução de problemas reais e locais. Tais aspectos podem surgir de forma mais sutil, como nas reflexões sobre quais tecnologias adotar, ou de forma central, como na proposição de soluções livres e colaborativas para problemas locais; por vezes, pode ser necessário associá-las a metodologias e atividades específicas voltadas, por exemplo, para a conscientização das injustiças, no engajamento na sua superação e na dialogicidade.

No caso do conhecimento aberto, a adaptação de um método ativo para que inclua um diálogo com uma reflexão crítica em relação ao assunto permite que elementos dele sejam mobilizados em situações-problema, possibilitando aos estudantes a construção de sentido para as reflexões propostas, diferenciando-se das costumeiras abordagens pontuais sobre conhecimento aberto (e.g. palestras, oficinas). Tal adaptação não se limita a simples inclusão de tecnologias livres e a publicação aberta de resultados, como textos e dados; é preciso adaptar as estruturas e os discursos que fundamentam essas técnicas - aos moldes propostos por Espinosa et al. (2019)- para que integrem práticas do conhecimento aberto a um discurso crítico quanto a C&T e a lógica proprietária. Assim, o uso de metodologias ativas de ensino



para o desenvolvimento de capacidades de ação emancipatórias é um caminho possível para aliar o ensino em C&T a uma visão crítica e libertária.

Em pesquisas futuras, é preciso também entender como a filosofia e práticas de código aberto podem ser associadas às ferramentas e conteúdos de tal forma que não se separem, e que o seu uso na educação seja multiplicador de nós na rede de conhecimentos abertos. Na formação de capacidades de ação emancipatória, o desafio aumenta ao incluir a consciência das injustiças e participação na própria libertação. A associação direta com a prática educacional, desde a incorporação em currículos até a incorporação em metodologias de ensino, são desenvolvimentos futuros necessários das reflexões apresentadas no presente trabalho.

Não foi aprofundado no presente trabalho como as capacidades de ação emancipatórias individuais podem ser mobilizadas de forma coletiva e como podem gerar maior engajamento e ação política. Derek Hodson (2004), por exemplo, propõem um currículo de educação CTS que não apenas promova um pensamento crítico, mas que inclua explicitamente a ação e que leve à formação de ativistas pela justiça social e pelo meio ambiente. Portanto, em estudos seguintes é importante refletir sobre como essas capacidades podem sair do espectro individual e passarem a ser ações políticas coletivas.

Por fim, a presente dissertação, de caráter teórico, buscou conectar diferentes partes do conhecimento aberto e educação em C&T emancipatória; é um diálogo entre a esperança de uma educação emancipatória e os conhecimentos científicos e tecnológicos. As CAE se apresentam como um primeiro passo para a libertação, sendo necessário, mas não suficiente; é preciso, ainda, compreender como tais práticas podem levar ao engajamento político e a transformação estrutural da sociedade em direção à superação das injustiças sociais.

## 6 Anexo A – Expressões investigadas na Revisão da Literatura

Devido a diferenças de idioma e dos sistemas de busca, distintas palavras chaves e métodos foram usados. Para os periódicos em português *Ciência & Educação*, *Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciências*, *Revista Brasileira de Ensino de Física*, *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, *Investigações em Ensino de Ciências*, *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, e *Revista Alexandria*, *Revista da Associação Brasileira de Ensino de Engenharia (ABENGE)* e *Revista de Ensino em Ciências e Engenharia* a busca foi feita com os termos em conjunto:

"conhecimento livre" OR "ciência aberta" OR "dados abertos" OR "acesso aberto" OR "recursos educacionais abertos" OR "softwares livres" OR "software livre" OR "open source" OR "robótica livre" OR "hardware livre" OR "tecnologias livres" OR "maker" OR "hacker" OR "free software" OR "free and open source software" OR "FOSS" "arduino" OR "arduíno" OR "FLOSS" OR " código aberto".

Para as pesquisas feitas no Periódico CAPES foi acrescentado a essas expressões o termo: OR “ensino de engenharia”. Já nas pesquisas na *Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Tecnologia* adicionou-se a expressão: OR “engenharia”.

Para os periódicos em espanhol *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, *Revista Electrónica de Investigación en Educación de las Ciencias*, *Enseñanza de las Ciencias*, a busca foi feita com os termos em conjunto:

"conocimiento libre" O "ciencia abierta" O "datos abiertos" O "acceso abierto" O "recursos educativos abiertos" O "softwares libres" O "software libre" O "código abierto" O "open source" O "robótica libre"

O "hardware libre" O "tecnologías libres" O "maker" O "hacker" O "free software" O "free and open source software" O "FOSS" O "arduino".

Para os periódicos em inglês *Journal of Research in Science Teaching*, *Science & Education*, *Science Education*, *International Journal of Science Education*, *Physics Review Special Topics – Education Research*, *American Journal of Physics*, a busca foi feita com os termos em conjunto:

"free knowledge" OR "open science" OR "open data" OR "open access" OR "open educational resources" OR "open source" OR "maker moviment" OR "hacker moviment" OR "free software" OR "FOSS" OR "arduino".

Para os anais do COBENGE dos anos 1998, 2000, de 2002 à 2012 e 2014 não havia ferramenta de busca automática disponível, por isso as buscas foram resumidas as palavras usadas nos títulos dos trabalhos. Por essa limitação, os títulos dos trabalhos foram inicialmente investigados, e aqueles com as expressões aberto(a), livre(s), FOSS, *free*, *open*, *software*, *hardware*, robótica, *hacker*, *maker*, Arduino (a partir das publicações de 2008) foram selecionados. Posteriormente, um breve análise do resumo foi feito para identificar se os textos tratavam dos temas pesquisados ou não. Os anais dos anos 1999, 2001, 2013 e 2015 não estavam disponíveis, por isso não foi possível investigá-los.

## 7 Referências

- Abreu, T. B. D., Fernandes, J. P., & Martins, I. (2013). Levantamento Sobre a Produção CTS no Brasil no Período de 1980-2008 no Campo de Ensino de Ciências. *Revista Alexandria*, 6(2), 30.
- Abulquerque Júnior, D. M., Veiga-Neto, A., & de Souza Filho, A. (Orgs.). (2008). *Cartografias de Foucault* (2º ed). Autêntica Editora.
- Acevedo Díaz, J. A. (1995). Educación Tecnológica desde una perspectiva CTS. Una breve revisión del tema. In *Sala de Leitura CTS+I*.
- Acevedo Díaz, J. A. (1997). ¿Publicar o Patentar Hacia una Ciencia cada vez más ligada a la Tecnología? [Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la ciencia y la cultura]. *Sala de Leitura CTS+I*. <https://www.oei.es/historico/salactsi/acevedo4.htm>
- Acevedo Díaz, J. A., Alonso, Á. V., & Mas, M. (2003). Papel de la educación CTS en una alfabetización científica y tecnológica para todas las personas. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 2, 80–111.
- Adolf, M. T., & Stehr, N. (2017). *Knowledge: Is knowledge power?* (2º). Routledge, Taylor & Francis Group.
- Affonso, C. (2020). Reconhecimento facial é o novo aquecimento global? In *Tecfront*. <https://tecfront.blogosfera.uol.com.br/2020/01/27/reconhecimento-facial-e-o-novo-aquecimento-global/>
- Agostinho, N. U., Dal-Rios Neves, L., Barbosa, A. M., & Nepomuceno, E. G. (2006). *Softwares livres no ensino de engenharia uma atitude socialmente justa, economicamente viável e tecnologicamente sustentável*. COBENGE 2006. Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia, Passo Fundo Rio Grande do Sul, Brasil.

- Aikenhead, G. (2003). STS Education: A Rose by Any Other Name. In R. Cross, *A Vision for Science Education: Responding to the Work of Peter J. Fensham* (p. 23). Routledge Press.
- Aikenhead, G., Orpwood, G., & Fensham, P. (2011). Scientific Literacy for a Knowledge Society. In *Exploring the Landscape of Scientific Literacy* (p. 28). Taylor and Francis Group.
- Albagli, S., Clinio, A., & Raychtock, S. (2014). Ciência Aberta: Correntes interpretativas e tipos de ação. *Liinc em Revista*, 10, 17.
- Alves, D., & Baumgarten, M. (Orgs.). (2019). In *Conhecimentos e sociedade: Teorias, políticas e controvérsias*. Verbena Editora.
- Amiel, T. (2012). Educação aberta: Configurando ambientes, práticas e recursos educacionais. In Bianca Santana, C. Rossini, & N. D. L. Pretto (Orgs.), *Recursos Educacionais Abertos: Práticas colaborativas e políticas públicas* (p. 246). Edufba; Casa da Cultura Digital. <https://aberta.org.br/>
- Amiel, T., Duran, M. R. da C., & Costa, C. J. da. (2017). Construindo Políticas de Abertura a partir dos Recursos Educacionais Abertos: Uma Análise do Sistema Universidade Aberta do Brasil / Building Open Policy through Open Educational Resources: An analysis of the Open University of Brazil System. *RELATEC – Revista Latinoamericana de Tecnología Educativa*, V. 16, 161–176.  
<https://doi.org/10.17398/1695-288X.16.2.161>
- Andersen, C., Bek-Thomsen, J., Clasen, M., Grumsen, S. S., Hjerimitslev, H. H., & Kjærgaard, P. C. (2013). Evolution 2.0. The Unexpected Learning Experience of Making a Digital Archive. *Science & Education*, 22(3), 657–675. <https://doi.org/10.1007/s11191-011-9412-x>

- Andrade, C. M. G. (2004). *Software livre alguns aplicativos científicos para engenharia. COBENGE 2004. Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia, Brasília, Brasil.*
- Auler, D. (2011). Novos Caminhos para a Educação CTS: ampliando a participação. *IV Simpósio Nacionais de Tecnologia e Sociedade, 10.*
- Auler, D., & Delizoicov, D. (2001). Alfabetização científico-tecnológica para quê? *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte), 3(2), 122–134.*  
<https://doi.org/10.1590>
- Autieri, S. M., Amirshokoohi, A., & Kazempour, M. (2016). The science-technology-society framework for achieving scientific literacy: An overview of the existing literature. *European Journal of Science and Mathematics Education, 4(1), 15.*
- Ayres dos Santos, R., & Auler, D. (2019). Práticas educativas CTS: Busca de uma participação social para além da avaliação de impactos da Ciência-Tecnologia na Sociedade. *Ciência & Educação (Bauru), 25(2), 485–503.*  
<https://doi.org/10.1590/1516-731320190020013>
- Baguma, G., Baraniuk, R., Bezuidenhout, K., Bissell, A., Bowlin, R., Browne, D., Cuplinskas, D., Dalziel, J., Ford, H., Gray, E., Hagemann, M., Horner, M., Hudson, J., King, H., Lesperance, J., Levy, P., Lipszyc, J., Petrides, L., Rens, A., ... Wiley, D. (2007). *Declaração de Cidade do Cabo para Educação Aberta: Abrindo a promessa de Recursos Educativos Abertos.*  
<https://www.capetowndeclaration.org/translations/portuguese-translation>
- Baixa Cultura. (2020, janeiro 20). Já passou da hora de repensar o movimento pelo aberto & livre. //baixa cultura. <http://baixacultura.org/ja-passou-o-tempo-de-repensar-o-movimento-pelo-aberto-livre/>
- Baldo, D. Â., Almeida, J. L. A. de, Oliveira Jr., J. M. de, Aranha, N., & Bonventi Jr., W. (2016). Aparato educacional para estudo da queda livre com análise do movimento.

*Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 33(3), 1064–1078.

<https://doi.org/10.5007/2175-7941.2016v33n3p1064>

Bamberg, P., & Ribeiro, C. C. (2004). Conscientização da importância do *software* aberto visando a autonomia tecnológica dos engenheiros civis. *COBENGE2004*, 10.

Bandeira, O., & Pasti, A. (2020). Como o ensino a distância pode agravar as desigualdades agora. In *Nexo Jornal*. <https://www.nexojornal.com.br/ensaio/debate/2020/Como-o-ensino-a-dist%C3%A2ncia-pode-agravar-as-desigualdades-agora>

Barneto, A. G., & Martín, M. R. G. (2006). Entornos constructivistas de aprendizaje basados en simulaciones informáticas. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 5(2), 19.

Batista de Freitas, D. (2019). *Modos de discurso usados por licenciandos em Física da UFRGS em questões sociocientíficas* [Dissertação de Mestrado em Ensino de Física]. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Bazzo, W. A., Prereira, L. T. do V., & Linsingen, I. von. (2008). *Educação Tecnológica—Enfoques para o Ensino de Engenharia* (2º ed). Editora da UFSC.

Betim, F. (2019). “Há um ataque ao Brasil democrático e plural construído desde a Constituição”. In *EL PAÍS*.

[https://brasil.elpais.com/brasil/2019/09/09/politica/1568066135\\_274307.html](https://brasil.elpais.com/brasil/2019/09/09/politica/1568066135_274307.html)

Bezerra Jr, A. G., De Oliveira, L. P., Lenz, J. A., & Saavedra, N. (2012). Videoanálise com o *software* livre Tracker no laboratório didático de Física: Movimento parabólico e segunda lei de Newton. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 29(0).

<https://doi.org/10.5007/2175-7941.2012v29nesp1p469>

Bezerra Jr., A. G., Saavedra Filho, N. C., Merkle, L. E., & Giménez-Lugo, G. A. (2009). Tecnologias livres e interdisciplinaridade na formação em engenharia – uma

- experiência da UTFPR. *COBENGE 2009*. Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia, Recife Pernambuco.
- Biddle, S. (2020). O risco à privacidade digital em tempos de coronavírus. In *The Intercept Brasil*. <https://theintercept.com/2020/04/06/coronavirus-covid-19-vigilancia-privacidade/>
- Bourdieu, P. (2007). *Escritos de Educação* (M. A. Nogueira & A. Catani, Orgs.; 9º ed). Vozes. Brasil, Ministérios da Educação, & Conselho Nacional de Educação. (2019). *Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia*. [http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com\\_docman&view=download&alias=109871-pces001-19-1&category\\_slug=marco-2019-pdf&Itemid=30192](http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=109871-pces001-19-1&category_slug=marco-2019-pdf&Itemid=30192)
- Brown, A. (2014). Safecasting the IAEA. In *Safecast*. <https://safecast.org/2014/02/safecasting-the-iaea/>
- Brown, A. (2018). Safecast at the IAEA. In *Safecast*. <https://safecast.org/2018/10/safecast-at-the-iaea/>
- Brown, A., Franken, P., Bonner, S., & Nick Dolezal. (2016). Safecast successful citizen-science for radiation measurement and communication after Fukushima.pdf. *Journal of Radiological Protection*, 36. <https://doi.org/10.1088/0952-4746/36/2/S82>
- Burtet, C. G. (2019). *(Re)Pensando a inovação e o conceito de inovação inclusiva: Um estudo do movimento maker no Brasil à luz da teoria ator-rede* [PhD Thesis]. Universidade do Vale do Rio dos Sinos.
- Cabral, A. P. C., Nady Rocha, Zaíne R. S. Vicente, Vicente, Z. R. S., Heryverton A L Leite, Andrade, T. G. M. de, & Souza, R. B. de. (2018). Ensino interdisciplinar da robótica livre através da criação de um teclado musical eletrônico. *COBENGE 2018*, 10.



- Cachapuz, A., Paixão, F., Lopes, J. B., Guerra, C., & GUERRA. (2008). Do Estado da Arte da Pesquisa em Educação em Ciências: Linhas de Pesquisa e o Caso “Ciência-Tecnologia-Sociedade”. *Revista Alexandria*, 1(1), 23.
- Calabrese, G. S. ([s.d.]). *Brief History of Open Source Hardware Organizations and Definitions*. Open Source Hardware Association. Recuperado 11 de maio de 2019, de <https://www.oshwa.org/research/brief-history-of-open-source-hardware-organizations-and-definitions/>
- Campagnucci, F. (2020). Pandemia exige mais transparência e mais controle social \textbar. In *Open Knowledge Brasil*. <https://www.ok.org.br/noticia/pandemia-exige-mais-transparencia-e-mais-controle-social/>
- Candéo, M., Silveira, R. M. C. F., & Matos, E. A. S. Á. de. (2012). Implicações Sociais da Ciência e da Tecnologia: Percepções dos alunos de Engenharia de Produção Mecânica da UTFPR Campus Ponta Grossa/ Social Implications of Science and Technology: Perceptions of Students in Production Mechanics Engineering at UTFPR Camp. *Revista de Ensino de Ciências e Engenharia*, 3(2), 37–62.
- Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior. (2017). Legislação sobre REA no Sistema UAB: Recursos Educacionais Abertos. In *Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior*. <http://www.capes.gov.br/uab/rea/documentos/legislacao-sobre-rea-no-sistema-uab>
- Carletto, M. R. (2009). *Avaliação de Impacto Tecnológico: Alternativas e desafios para a educação crítica em engenharia*. Universidade Federal de Santa Catarina.
- Carley, K. (1986). Knowledge Acquisition as a Social Phenomenon. *Instructional Science*, 14(3/4), 381–438.

- Carneiro, R. (2020, setembro 14). 'O Dilema das Redes': Documentário da Netflix explica avanço bolsonarista | *Tela Plana* [Jornal]. VEJA. <https://veja.abril.com.br/blog/tela-plana/o-dilema-das-redes-documentario-da-netflix-explica-avanco-bolsonarista/>
- Carvalho, F. B. S. de, & Costa Junior, A. G. da. (2010). Uso do *software* livre ptolemy na disciplina princípios de telecomunicações da univasf e do ifba campus vitória da conquista. *COBENGE 2010*. Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia, Fortaleza, Brasil.
- Carvalho, J. V., Carvalho, C. V. de A., de Paiva, & Pereira de Sá, I. (2009). Implicações de um *software* educacional na formação de Professores. *Revista Eletrónica de Investigación en Educación en Ciencias*, 4(1), 10.
- Carvalho Neto, J. T. de, Apolinário, F. R., & Soares, A. de A. (2018). Sistema photogate de seis canais analógicos para laboratórios didáticos de física. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 40(1). <https://doi.org/10.1590/1806-9126-rbef-2017-0166>
- Chan, L., Okune, A., & Sambuli, N. (2015). O que é ciência aberta e colaborativa, e que papéis ela poderia desempenhar no desenvolvimento? In S. Albagli, M. L. Maciel, & A. H. Abdo (Orgs.), *Ciência aberta, questões abertas*. IBICT; UNIRIO.
- Courville, K. (2009). Science, Technology, and Society: A Perspective on the Enhancement of Scientific Education. *Teacher Association Joint Conference*, 19.
- Dagnino, R. (2006, dezembro). Mais além da participação pública na ciência: Buscando uma reorientação dos Estudos sobre Ciência, Tecnologia e Sociedade em Ibero-américa. *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnologia, Sociedad e Innovación*.
- Dagnino, R. (2014). *Tecnologia Social: Contribuições conceituais e metodológicas*. Editora da Universidade Estadual da Paraíba. <https://doi.org/10.7476/9788578793272>
- de Deus, M. P. A., da Rocha Reis, A. J., & da Rocha Reis, M. A. (2018). Projeto, construção e calibração de um sensor de temperatura do tipo termopar seguindo a metodologia de

aprendizagem baseada em problemas. *COBENGE 2018*. XLIV Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia, Salvador, Bahia, Brasil.

de Souza e Silva, A. P., Oliveira, G. S., Danilo Leite Pontes, Martins, M. P., & Marinho Silva, R. (2011). Estudo sobre kits de robótica pedagógica através de uma análise comparativa tendo como parâmetro custos e características de ensino. *COBENGE 2011*. XXXIX Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia, Blumenau, Santa Catarina, Brasil.

Debian Project. (2004, abril 26). *Contrato Social Debian*.

[https://www.debian.org/social\\_contract](https://www.debian.org/social_contract)

Del Rosso, A. (2015). KiCad *software* gets the CERN treatment. *CERN*.

<https://home.cern/news/news/computing/kicad-software-gets-cern-treatment>

Delai, R. L., Coelho, A. D., & Mauá, P. (2011). Aplicação de ferramenta *open source* em sistemas de visão computacional – desenvolvimento de um veículo seguidor autônomo. *COBENGE 2011*, 7.

Dewey, J. (1948). Common Sense and Science: Their Respective Frames of Reference.

*Journal of Philosophy*, 45(8), 197–208. <https://doi.org/10.2307/2019042>

Dias, T. (2020, setembro 14). ‘O dilema das redes’: Sair da internet não vai salvar a internet.

*The Intercept*. <https://theintercept.com/2020/09/14/internet-netflix-redes/>

Dieb, D., & Gomes, H. S. (2020). Governo vai monitorar celular para controlar aglomeração na pandemia. In *Tilt*. <https://www.uol.com.br/tilt/noticias/redacao/2020/04/02/para-combater-a-covid-19-o-governo-federal-vai-monitorar-o-seu-celular.htm>

Domínguez, N. (2016). Fumar não mata e outros ataques de Trump e Pence contra a ciência.

In *EL PAÍS Brasil*.

[https://brasil.elpais.com/brasil/2016/11/10/ciencia/1478798572\\_638070.html](https://brasil.elpais.com/brasil/2016/11/10/ciencia/1478798572_638070.html)

- Dosemagen, S., & Gehrke, G. (2017). Civic Technology and Community Science: A new model for public participation in environmental decisions. *Liinc Em Revista*, 13(1).  
<https://doi.org/10.18617/liinc.v13i1.3899>
- Duarte, N. (2013). As Pedagogias do “Aprender a Aprender” e Algumas Ilusões da Assim Chamada Sociedade do Conhecimento. In *Sociedade do Conhecimento ou Sociedade das Ilusões?* (1º ed, Vol. 13). Autores Associados.  
<http://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/histedbr/article/view/8640338>
- Educação Aberta. Recursos Educacionais Abertos (REA): Um caderno para professores. Campinas, 2013. Disponível em: <http://educacaoaberta.org/cadernorea>
- Espinosa, T. (2019). *Adoção de Inovações Didáticas no Ensino Universitário de Física na Perspectiva de Transposições Praxiológicas* [Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul]. <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/188433>
- Feitoza, C. C. da C., Melotti, G., & Mazzini, H. M. (2012). Um pequeno “toolbox” de algoritmo genético para controladores pid no “software” scilab. *COBENGE 2012*. Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia, Belém, Para, Brasil.
- Fernández-Sanguino, J., Garbee, B., Koptein, H., Lohner, N., Lowe, W., Mitchell, B., Murdock, I., Schulze, M., & Small, C. (s.d.). *Uma Breve História da Debian*.  
<https://www.debian.org/doc/manuals/project-history/>
- Ferreira, D. de A., Rezende, R. A. D., Silva, C. Q., Nakamaru, A. T. G., & Silva, O. F. (2018). Construção e modelagem de um sistema térmico didático de baixo custo com materiais reciclados para controle de temperatura utilizando arduino. *COBENGE 2018*, 10.
- Ferreira, J. R. N., Sousa, R. M. de, & Albuquerque Neto, A. G. de A. (2018). Utilização de plataforma de prototipagem *open source* como ferramenta de uso didático para

- controle de temperatura em processos industriais. *COBENGE 2018*. XLIV Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia, Salvador, Bahia, Brasil.
- Ferreira, R. C., & Duarte, S. (2019). Ensino de programação: Trajetória histórico-social e os avanços na cultura digital do Brasil. *Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia*, 12(1). <https://doi.org/10.3895/rbect.v12n1.7532>
- Fundação Getúlio Vargas. (2011). *Direitos autorais em reforma*. Fundação Getúlio Vargas.
- Freire, P. (1974). *Pedagogia do Oprimido*. Paz e Terra.
- Freire, P. (1996). *Pedagogia da Autonomia*. Paz e Terra.
- Freitas, M. de, Albuquerque Heidemann, L., & Solano Araujo, I. (no prelo-a). Educação em Ciências na Perspectiva da Teoria da Sociedade do Conhecimento de Nico Stehr. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*.
- Freitas, M. de, Albuquerque Heidemann, L., & Solano Araujo, I. (no prelo-b). Educação nas Sociedades do Conhecimento: o uso de Recursos Educacionais Abertos para o desenvolvimento de Capacidades de Ação Emancipatórias. *Educação em Revistas - UFMG*.
- Freitas, M. de, & Silva, R. B. da. (2018). Dinâmicas Educacionais a partir do conhecimento aberto e ética hacker. In A. M. Tonini & T. R. D. S. Pereira (Orgs.), *Desafios da educação em engenharia: Inovação e Sustentabilidade, Aprendizagem Ativa e Mulheres na Engenharia*. ABENGE.
- Free Software Foundation. (2020a, maio 22). *Filosofia do Projeto GNU*.  
<https://www.gnu.org/philosophy/philosophy.html>
- Free Software Foundation. (2020b, maio 22). *O que é software livre?*  
<http://www.gnu.org/philosophy/free-sw.html>
- Free Software Foundation. (2020c, julho 27). *O Manifesto GNU*.  
<https://www.gnu.org/gnu/manifesto.html>

- Furnival, A. C. M., & Guirra, D. A. R. (2017). As percepções e práticas de publicação em acesso aberto dos pesquisadores de dois programas de pós-graduação em engenharia. *Revista Digital de Biblioteconomia e Ciência da Informação*, 15(2), 469–488.  
<https://doi.org/10.20396/rdbci.v15i2.8646398>
- Furnival, A. C. M., & Silva-Jerez, N. S. (2017). Percepções de pesquisadores brasileiros sobre o acesso aberto à literatura científica. *Informação & Sociedade: Estudos*, 27(2), 153–166.
- Gamberi, C., & Hall, K. (2019). Undergraduates can publish too! A case study of a scientific team writing assignment leading to publication. *International Journal of Science Education*, 41(1), 48–63. <https://doi.org/10.1080/09500693.2018.1531439>
- Giampietro, M. (2013, abril 30). Twenty years of a free, open web. *News | CERN*.  
<https://home.cern/news/news/computing/twenty-years-free-open-web>
- Gibbs, S. (2018). Google's AI is being used by US military drone programme. *The Guardian*.  
<https://www.theguardian.com/technology/2018/mar/07/google-ai-us-department-of-defense-military-drone-project-maven-tensorflow>
- Ginsparg, P. (2009). The global village pioneers. *Learned Publishing*, 22(2), 95–100.  
<https://doi.org/10.1087/2009203>
- Goertzen, R. M., Brewé, E., Kramer, L. H., Wells, L., & Jones, D. (2011). Moving toward change: Institutionalizing reform through implementation of the Learning Assistant model and Open Source Tutorials. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, 7(2). <https://doi.org/10.1103/PhysRevSTPER.7.020105>
- Gomes, F. J., de Paula, I. L., Vitoi, L. A., Conceição, L. R., & Marciano, P. C. R. (2011). Proposta de complementar à educação na engenharia utilizando ferramenta interativa, baseada em FOSS: o tutorial do motor de passo. *COBENGE 2011*, 8.

- Gomes, F., Queiroz, F., Gama, V., & Baldioti, H. (2011). Módulo laboratorial de baixo custo, baseado em FOSS, para educação em engenharia de controle de processos industriais. *COBENGE 2011*, 10.
- Gomes, F., Reis, A., Melo, L., Vieira, L., & Viol, R. (2011). Plataforma educacional FOSS para o projeto de fontes de alimentação lineares. *COBENGE 2011*, 10.
- González, L. (2018). Cultura, etnicidade e trabalho: Efeitos linguísticos e políticos da exploração da mulher. In U. dos C. P.-A. UCPA (Org.), *Primavera para as Rosas Negras: Lélia Gonzalez em primeira pessoa... Diáspora Africana*.
- Gortázar, N. G. (2019). O que há por trás das chamadas na Amazônia. In *EL PAÍS Brasil*.  
[https://brasil.elpais.com/brasil/2019/10/22/eps/1571696000\\_250069.html](https://brasil.elpais.com/brasil/2019/10/22/eps/1571696000_250069.html)
- Global Open Science *Hardware*. (2018). *GOSH Roadmap*.
- Greenwald, G., & MacAskill, E. (2013). NSA Prism program taps in to user data of Apple, Google and others. *The Guardian*.  
<https://www.theguardian.com/world/2013/jun/06/us-tech-giants-nsa-data>
- Greenwald, G., MacAskill, E., Poitras, L., Ackerman, S., & Rushe, D. (2013, julho 12). Microsoft handed the NSA access to encrypted messages. *The Guardian*.  
<https://www.theguardian.com/world/2013/jul/11/microsoft-nsa-collaboration-user-data>
- Han, B.-C. (2020). O coronavírus de hoje e o mundo de amanhã, segundo o filósofo Byung-Chul Han. In *EL PAÍS*. <https://brasil.elpais.com/ideas/2020-03-22/o-coronavirus-de-hoje-e-o-mundo-de-amanha-segundo-o-filosofo-byung-chul-han.html>
- Hodson, D. (2004). Going Beyond STS: Towards a Curriculum for Sociopolitical Action. *The Science Education Review*, 3(1), 6.
- Huang, A. (2017). *The Hardware Hacker*. No Starch Press.

- Iniciativa Educação Aberta. (2020). Mapeamento inédito mostra exposição da educação brasileira ao “capitalismo de vigilância”. In *Iniciativa EA*.  
<https://aberta.org.br/mapeamento/>
- Inamorato dos Santos, A. (2012). Educação aberta: Histórico, práticas e o contexto dos recursos educacionais abertos. In Bianca Santana, C. Rossini, & N. D. L. Pretto (Orgs.), *Recursos Educacionais Abertos: Práticas colaborativas e políticas públicas* (1º ed, p. 246). Salvador: Edufba; São Paulo: Casa da Cultura Digital.  
<https://aberta.org.br/>
- Jacinski, E., & von Linsingen, I. (2011). Uma análise crítica das pesquisas sobre as relações entre aspectos técnicos e sociais da formação de engenheiros. *COBENGE 2011*, 10.
- Jiménez, C., & Alessi, G. (2020). Ato em defesa da democracia e contra Bolsonaro acaba em choque com a polícia em São Paulo. In *EL PAÍS*. <https://brasil.elpais.com/brasil/2020-05-31/ato-por-democracia-e-contra-bolsonaro-acaba-em-confronto-em-sao-paulo.html>
- Jones, R., Haufe, P., Sells, E., Iravani, P., Olliver, V., Palmer, C., & Bowyer, A. (2011). RepRap – the replicating rapid prototyper. *Robotica*, 29(1), 177–191.  
<https://doi.org/10.1017/S026357471000069X>
- Junqueira, C., & Machida, K. (2020). Após 29 dias no cargo, Nelson Teich pede demissão do Ministério da Saúde. In *CNN Brasil*.  
<https://www.cnnbrasil.com.br/politica/2020/05/15/nelson-teich-pede-demissao-do-ministerio-da-saude>
- Kim, N. (2020). “More scary than coronavirus”: South Korea’s health alerts expose private lives. *The Guardian*. <https://www.theguardian.com/world/2020/mar/06/more-scary-than-coronavirus-south-koreas-health-alerts-expose-private-lives>
- Knox, J. (2013). Five critiques of the open educational resources movement. *Teaching in Higher Education*, 18(8), 821–832. <https://doi.org/10.1080/13562517.2013.774354>



- Lafuente, A., & Estalella, A. (2015). Modos de ciencia: Pública, abierta y común. In S. Albagli, M. L. Maciel, & A. H. Abdo (Orgs.), *Ciência aberta, questões abertas*. IBICT; UNIRIO.
- Leite, S. J. O., Fonseca, W. da S., & Lima, D. de S. (2016). Cultura maker: Implementação da plataforma arduino na educação e preparação para cursos de engenharia. *COBENGE 2016*, 8.
- Lessig, L. (2004). *Free Culture*. The Penguin Press.
- Lima, S. (2020). Educação, Dados e Plataformas – análise descritiva dos termos de uso dos serviços educacionais Google e Microsoft. São Paulo: Iniciativa Educação Aberta, 2020. Disponível em <https://www.aberta.org.br>.
- Linsingen, I. V. (2015). Perspectivas curriculares CTS para o ensino de engenharia: Uma proposta de formação universitária. *Linhas Críticas*, 21(45), 297–317.  
<https://doi.org/10.26512/lc.v21i45.4536>
- Linsingen, I. von. (2002). *Engenharia, Tecnologia e Sociedade: Novas perspectivas para uma formação*. Universidade Federal de Santa Catarina.
- Lipinski, M., van der Bij, E., Serrano, J., Wlostowski, T., Daniluk, G., Wujek, A., Rizzi, M., & Lampridis, D. (2018). White Rabbit Applications and Enhancements. *2018 IEEE International Symposium on Precision Clock Synchronization for Measurement, Control, and Communication (ISPCS)*, 1–7.  
<https://doi.org/10.1109/ISPCS.2018.8543072>
- Lista de distribuições de Linux. (2020). In *Wikipédia, a enciclopédia livre*.  
[https://pt.wikipedia.org/w/index.php?title=Lista\\_de\\_distribui%C3%A7%C3%B5es\\_de\\_Linux&oldid=58375923](https://pt.wikipedia.org/w/index.php?title=Lista_de_distribui%C3%A7%C3%B5es_de_Linux&oldid=58375923)

- Lopes, R. C., Fidelis, J. R. F., Brasil, M. A., Costa, & de Carvalho, D. (2004). A utilização de uma ferramenta de ensino a distância na produção e gestão do conhecimento científico no ensino de engenharia. *COBENGE 2004*, 7.
- Machado, J. (2015). Dados abertos e ciência aberta. In S. Albagli, M. L. Maciel, & A. H. Abdo (Orgs.), *Ciência aberta, questões abertas*. IBICT, UNIRIO.
- Machado, R. (2004). Introdução. In *Foucault, M. Microfísica do Poder* (20º ed). Graal.
- Maciel, M. L., & Albagli, S. (Orgs.). (2011). *Informação, conhecimento e poder: Mudança tecnológica e inovação social*. Garamond.
- Magenta, M. (2020). Coronavírus: Governo brasileiro vai monitorar celulares para conter pandemia. *BBC News Brasil*. <https://www.bbc.com/portuguese/brasil-52154128>
- Manassero-Mas, M. A., Vázquez-Alonso, Á., & Acevedo Díaz, J. A. (2001). *Avaluació dels temes de ciència, tecnologia i societat*. Palma de Mallorca : Conselleria d'Educació i Cultura del Govern de les Illes Balears. <https://doi.org/10.13140/2.1.5072.9923>
- Martínez, S. L. (2016). Bens comuns, democracia e acesso ao conhecimento na América Latina e no Caribe. In M. Baumgarten (Org.), *Sociedade, Conhecimentos e Colonialidade: Olhares sobre a América Latina* (1º ed). UFRGS Editora.
- Matta, C. E. (2012). Recursos educacionais abertos para o ensino on-line nos cursos de engenharia. *COBENGE 2012*, 12.
- Mega, D. F., Araujo, I. S., & Veit, E. A. (2020). Centro de Tecnologia Acadêmica da UFRGS como comunidade de prática e possibilidade de criação de espaços não formais de aprendizagem: Um estudo etnográfico. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*, 22, e12139. <https://doi.org/10.1590/21172020210128>
- Menezes, K. M. (2018). *PIRÂMIDE DA PEDAGOGIA HACKER = [VIVÊNCIAS DO (IN)POSSÍVEL]*. Universidade Federal da Bahia.

- Monbiot, G. (2018). Scientific publishing is a rip-off. We fund the research – it should be free. In *The Guardian*. <https://www.theguardian.com/commentisfree/2018/sep/13/scientific-publishing-rip-off-taxpayers-fund-research>
- Moreira, A. F., Santos, S. R. B. dos, & Costa Junior, A. G. da. (2016). Construção e Caracterização de um Fotômetro Destinado ao Uso de Aulas Experimentais de Química sobre a Lei de Beer-Lambert. *HOLOS*, 2, 142–151. <https://doi.org/10.15628/holos.2016.4016>
- Moreira, K. D., de Souza, J. H., Fernandes, L. P. T., & Campos, M. V. (2017). Nova proposta de ensino-aprendizagem utilizando robótica como ferramenta educacional. *COBENGE 2017*, 8.
- Moreira, M. P. C., Romeu, M. C., Alves, F. R. V., & Da Silva, F. R. O. (2018). Contribuições do Arduíno no Ensino de Física: Uma revisão sistemática de publicações na área do ensino. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 35(3), 721–745. <https://doi.org/10.5007/2175-7941.2018v35n3p721>
- Moura, C. (2018, setembro 19). PM confunde guarda-chuva com fuzil e mata garçom no Rio, afirmam testemunhas. *EL PAÍS*. [https://brasil.elpais.com/brasil/2018/09/19/politica/1537367458\\_048104.html](https://brasil.elpais.com/brasil/2018/09/19/politica/1537367458_048104.html)
- Muenchen, C., & Delizoicov, D. (2014). *Os três momentos pedagógicos e o contexto de produção do livro “Física”*. 20(3), 22.
- Muñoz, R., & Mars, A. (2019). O problema não é seu celular Huawei, o problema se chama 5G. In *EL PAÍS*. [https://brasil.elpais.com/brasil/2019/05/25/economia/1558795538\\_036562.html](https://brasil.elpais.com/brasil/2019/05/25/economia/1558795538_036562.html)
- Nascimento, T. G., & Linsingen, I. von. (2006). Articulações entre o enfoque CTS e a pedagogia de Paulo Freire como base para o ensino de ciências. *Convergencia - Revista de Ciencia Sociales*, 13(42), 23.

- Nogueira, M. A., & Nogueira, C. M. M. (2017). *Bourdieu & a Educação* (4<sup>o</sup> ed). Autêntica Editora.
- Notícia Preta. (2019, abril 3). Mais um jovem negro é morto ao ter furadeira confundida com arma no Rio. *Notícia Preta*. <https://noticiapreta.com.br/mais-um-jovem-negro-e-morto-ao-ter-furadeira-confundida-com-arma-no-rio/>
- NPDD/Baobáxia. (2020). In *Wiki Rede Mocambos*.  
<https://wiki.mocambos.net/index.php/NPDD/Baob%C3%A1xia>
- Núñez Jover, J. (2000). *La ciencia y la tecnología como procesos sociales. Lo que la educación científica no debería olvidar. Sala de lectura CTS+I*. Sala de Lectura CTS+I - Organización de Estados Iberoamericanos.  
<https://www.oei.es/historico/salactsi/nunez00.htm#a>
- Open Knowledge Foundation. (2015, novembro 10). *Open Definition 2.1*.  
<http://opendefinition.org/od/2.1/en/>
- Olavo Soares. (2020, abril 16). *Mandetta é demitido do Ministério da Saúde por Bolsonaro*. Jornal. <https://www.gazetadopovo.com.br/republica/mandetta-demitido-bolsonaro-2/>
- OSHOWA, O. S. H. A. (2012a). *Open Source Hardware Definition*. In *Open Source Hardware Association*. <https://www.oshwa.org/definition/>
- Open Source Hardware Association*. (2012b, maio 26). *Open Source Hardware Definition*.  
*Open Source Hardware Association*. <https://www.oshwa.org/definition/>
- Open Source Initiative*. (2007). *The Open Source Definition*. <https://opensource.org/osd>
- Palacios, A. F., & Jara, S. R. (Orgs.). (2019). *Manual de Biofabricación con hongos*.  
Laboratório de Biofabricación - FADEU.
- Parra, H. Z. M., & Abdo, A. H. (2016). Tendências democráticas e autoritárias, arquiteturas distribuídas e centralizadas. In S. P. da Silva, R. C. Callai Bragatto, & R. C. Sampaio

- (Orgs.), *Democracia digital, comunicação política e redes* (p. 137–159). Folio Digital: Letra e Imagem. <https://doi.org/10.24328/2017/61012.88>
- Parra, H. Z. M., Cruz, L., Amiel, T., & Machado, J. (2018). Infraestruturas, economia e política informacional: O caso do google suite for education. *Mediações - Revista de Ciências Sociais*, 23(1), 63.
- Parra, H. Z. M., Fressoli, M., & Lafuente, A. (2017). Apresentação: Ciência Cidadã e Laboratórios Cidadão | Introduction: Citizen Science and Citizen Labs. *Liinc em Revista*, 13(1). <http://revista.ibict.br/liinc/article/view/3907>
- Pasqualetto, T. I., Veit, E. A., & Araujo, I. S. (2017). Aprendizagem Baseada em Projetos no Ensino de Física: Uma Revisão da Literatura. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 551–577. <https://doi.org/10.28976/1984-2686rbpec2017172551>
- Passarinho, N. (2019). Por que a guerra comercial entre EUA e China pode atingir em cheio o Brasil. *BBC News Brasil*. <https://www.bbc.com/portuguese/geral-48354991>
- Pedretti, E., & Nazir, J. (2011). Currents in STSE education: Mapping a complex field, 40 years on. *Science Education*, 95(4), 601–626. <https://doi.org/10.1002/sce.20435>
- Pellon, C. C. (2019). *A pedagogia de Paulo Freire na literatura acadêmica brasileira de educação e tecnologia*. Universidade Estácio de Sá.
- Penereiro, J. C. (2016). Medidas das eficiências térmicas em aquecedores solares: Uma alternativa complementar para o ensino de conceitos de física para estudantes das engenharias. *Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia*, 9(1). <https://doi.org/10.3895/rbect.v9n1.1598>
- Perens, B. (2017, setembro 26). *On Usage of The Phrase “Open Source”*. <https://perens.com/2017/09/26/on-usage-of-the-phrase-open-source/>

- Pezzi, R. P. (2015). Ciência aberta: Dos hipertextos aos hiperobjetos. In S. Albagli, M. L. Maciel, & A. H. Abdo (Orgs.), *Ciência Aberta, questões abertas*. IBICT, UNIRIO.
- Pezzi, R. P., Fernandes, H. C. M., Brandão, R. V., Freitas, M. P. P. de, Alves, L. S., Silva, R. B. da, Tavares, J. L. D. S., & Weihmann, G. R. (2017). Desenvolvimento de tecnologia para ciência e educação fundamentado nos preceitos de liberdade do conhecimento: O caso do Centro de Tecnologia Acadêmica. *Liinc em Revista*, 13(1), 205–222.
- Pinto, Vinicius Maciel, Aguiar Jr., E. A. de, Carvalho, C. V. A. de, & de Carvalho, J. T. (2011). Proposta de uma metodologia para aplicação de *software* livre no ensino de engenharia através de live cd. *COBENGE 2011*, 7.
- Pinto, Vinicius Maciel, Aguiar Jr., E. A. de, Orem, J. L. C., & Bittencourt, J. P. (2012). Uma abordagem didática sobre conservação de energia no modo de consumo em espera utilizando *software* livre. *COBENGE 2012*. Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia, Belém, Para, Brasil.
- Public Library of Science . ([s.d.]). *Who We Are*. Recuperado 25 de agosto de 2019, de <https://www.plos.org/who-we-are>
- Polon, P. E., Andrade, C. M. G., Paraíso, P. R., & Jorge, L. M. de M. (2006). *Softwares* científicos e de engenharia livres versus proprietários. *COBENGE 2006*. Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia, Passo Fundo Rio Grande do Sul, Brasil.
- Presoto de Oliveira, L., Lenz, J. A., Saavedra Filho, N. C., & Bezerra Junior, A. G. (2011). Utilização de tecnologias de informação e comunicação para o estudo de mecânica através de vídeoanálise aplicações desenvolvidas com o *software* tracker. *COBENGE 2011*. Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia, Blumenau, Santa Catarina, Brasil.
- Pretto, N. D. L. (2010). Redes colaborativas, ética hacker e educação. *Educação em Revista*, 26(3), 305–316. <https://doi.org/10.1590/S0102-46982010000300015>

- Pretto, N. D. L. (2012). Professores-autores em rede. In Bianca Santana, C. Rossini, & N. D. L. Pretto (Orgs.), *Recursos Educacionais Abertos: Práticas colaborativas e políticas públicas* (1º ed, p. 246). Salvador: Edufba; São Paulo: Casa da Cultura Digital.  
<https://aberta.org.br/>
- Pretto, N. D. L. (2017). *Educações, Culturas e Hackers: Escritos e reflexões*. Edufba.
- Queiroz, F. P., Gama, V. A., Gomes, F. J., & Coelho, A. A. R. (2010). Ampliando o espaço laboratorial: Educação em controle através de ambiente hils baseado em FOSS. *COBENGE 2010*, 11.
- Red Hat. (2018). *Red Hat Reports Fourth Quarter and Fiscal Year 2018 Results*.  
<https://www.redhat.com/en/about/press-releases/red-hat-reports-fourth-quarter-and-fiscal-year-2018-results>
- Renna, R. B. D., Cunha, T. E. B., Paiva, L. de M., & Siqueira, L. P. (2014). Elaboração de Material Didático para disciplina optativa “Tópicos especiais em eletrônica II: introdução ao kit de desenvolvimento Arduino”. *COBENGE 2014*, 9.
- Rocha de Souza, A., & Amiel, T. (2020). *Guia Direito Autoral e Educação Aberta e a Distância: Perguntas e Respostas*. Iniciativa Educação Aberta.  
<https://doi.org/10.5281/zenodo.3964713>
- Rodrigues, M., & Coelho, H. (2020, junho 6). Pretos e pardos são 78% dos mortos em ações policiais no RJ em 2019: “É o negro que sofre essa insegurança”, diz mãe de Ágatha [Jornal]. *G1*. <https://g1.globo.com/rj/rio-de-janeiro/noticia/2020/06/06/pretos-e-pardos-sao-78percent-dos-mortos-em-aco-es-policiais-no-rj-em-2019-e-o-negro-que-sofre-essa-inseguranca-diz-mae-de-agatha.ghtml>
- Roque, G. R., Simão, J. P., Bilessimo, S. M. S., Silva, J. B. da, Mota Neto, J., & Izidoro, C. L. (2017). Experimentação remota no ensino de superior: Linguagens de programação

- nas engenharias mecatrônica e automação industrial. *Revista de Ensino de Engenharia*, 36(2), 96–105. <https://doi.org/10.5935/2236-0158.20170016>
- Rossini, C., & Gonzalez, C. (2012). REA: o debate em política pública e as oportunidades para o mercado. In Bianca Santana, C. Rossini, & N. D. L. Pretto (Orgs.), *Recursos Educacionais Abertos: Práticas colaborativas e políticas públicas* (1º ed, p. 246). Salvador: Edufba; São Paulo: Casa da Cultura Digital. <https://aberta.org.br/>
- Ruser, A. (2018). Nico Stehr, Sociology, Knowledge and the Sociology of Knowledge: An Introduction. In M. T. Adolf, *Nico Stehr: Pioneer in the theory of society and knowledge* (Vol. 16). Springer.
- Saavedra Filho, N. C., Lenz, J. A., Bezerra Jr, A. G., Florczak, M. A., & Garcia, V. G. (2017). A videoanálise como mediadora da modelagem científica no ensino de mecânica. *Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia*, 10(3). <https://doi.org/10.3895/rbect.v10n3.4509>
- Sampaio, S. G., & Feitosa, A. D. V. (2016). A educação ambiental através de montagem e simulação de células solares sensibilizadas com corante orgânico. *Revista Ciência e Natura*, 38(3). <https://doi.org/10.5902/2179460X23433>
- Santana, B., Rossini, C., & Pretto, N. D. L. (Orgs.). (2012). *Recursos Educacionais Abertos: Práticas colaborativas e políticas públicas*. Edufba; Casa da Cultura Digital. <https://aberta.org.br/>
- Santos, W. L. P. dos, & Mortimer, E. F. (2000). Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C-T-S (Ciência—Tecnologia—Sociedade) no contexto da educação brasileira. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)*, 2(2), 110–132. <https://doi.org/10.1590/1983-21172000020202>



- Schoffer, F. (2016). How expiring patents are ushering in the next generation of 3D printing. *TechCrunch*. <https://techcrunch.com/2016/05/15/how-expiring-patents-are-ushering-in-the-next-generation-of-3d-printing/>
- Seaton, D. T., Kortemeyer, G., Bergner, Y., Rayyan, S., & Pritchard, D. E. (2014). Analyzing the impact of course structure on electronic textbook use in blended introductory physics courses. *American Journal of Physics*, 82(12), 1186–1197. <https://doi.org/10.1119/1.4901189>
- Sebriam, D., & Gonsales, P. (2016). *Inovação Aberta em Educação—Conceitos e modelos de Negócios*. CIEB - Centro de Inovação para a educação Brasileira.
- Shea, M. V., & Sandoval, J. (2020). Using historical and political understanding to design for equity in science education. *Science Education*, 104(1), 27–49. <https://doi.org/10.1002/sce.21555>
- Sievers Jr., F., Vogler, M., Germano, J. S. E., & Cimatti Jr., M. (2006). Um repositório de objetos de aprendizagem em java para o ensino a física com código aberto, subsidiando futuras implementações. *COBENGE 2006*. Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia, Passo Fundo Rio Grande do Sul, Brasil.
- Silva, T. da, Martins, F., & Costa, W. (2010). Criação de tutoriais e relatos de experiências sobre a utilização de *softwares* livres no ensino de engenharia. *COBENGE 2012*. XL Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia, Belém, Para, Brasil.
- Silva, J. M., Jardim, D. F., & Carius, A. C. (2016). O ensino e a aprendizagem de conceitos de cálculo usando modelos matemáticos e ferramentas tecnológicas. *Revista de Ensino de Engenharia*, 35(2), 70–80. <https://doi.org/10.15552/2236-0158/abenge>
- Silva, R. B., Leal, L. S., Alves, L. S., Brandão, R. V., Alves, R. C. M., Klering, E. V., Pezzi, R. P., Silva, R. B., Leal, L. S., Alves, L. S., Brandão, R. V., Alves, R. C. M., Klering, E. V., & Pezzi, R. P. (2015). Estações meteorológicas de código aberto: Um projeto de

- pesquisa e desenvolvimento tecnológico. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 37(1), 1505. <https://doi.org/10.1590/S1806-11173711685>
- Simões, N. (2020). Manifestantes convocam novos protestos por vidas negras em São Paulo e no Rio de Janeiro. In *Alma Preta*.  
<https://almapreta.com/editorias/realidade/manifestantes-convocam-novos-protestos-por-vidas-negras-em-sao-paulo-e-no-rio-de-janeiro>
- Singh, C. (2008). Interactive learning tutorials on quantum mechanics. *American Journal of Physics*, 76(4), 400–405. <https://doi.org/10.1119/1.2837812>
- Siqueira Rodrigues, I. L. (2017). *Paulo Freire e o ensino de física—O caráter freiriano de relatos de experiência do SNEF*. Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro.
- Smith, T. I., & Wittmann, M. C. (2007). Comparing three methods for teaching Newton's third law. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, 3(2).  
<https://doi.org/10.1103/PhysRevSTPER.3.020105>
- Souza, D. G. de, Vera Rey, E. A., Araujo, I. S., & Veit, E. A. (2019). Recursos educacionais abertos para o Ensino de Física: Um curso de extensão para licenciandos brasileiros e colombianos. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 36(3), 795–817.  
<https://doi.org/10.5007/2175-7941.2019v36n3p795>
- Stallman, R. (2020). *Por que o Código Aberto não compartilha dos objetivos do Software Livre* (T. Carreira & R. Fontenelle, Trans.). <https://www.gnu.org/philosophy/open-source-misses-the-point.html>
- Stehr, N. (2000). Da desigualdade de classe à desigualdade de conhecimento. *Revista Brasileira de Ciências Sociais*, 15(42), 101–112. <https://doi.org/10.1590/S0102-69092000000100007>
- Stehr, N. (2008). Liberdade é filha do conhecimento? (J. Canêdo, Trad.). *Tempo Social*, 20(2), 221–234. <https://doi.org/10.1590/S0103-20702008000200011>

- Stehr, N. (2018). Selected Key Texts by Nico Stehr. In M. T. Adolf, *Nico Stehr: Pioneer in the theory of society and knowledge*. Springer.
- Strieder, R. B. (2012). *Abordagens CTS na educação científica no Brasil: Sentidos e perspectivas* [Tese de Doutorado em Ensino de Física, USP].  
<https://doi.org/10.11606/T.81.2012.tde-13062012-112417>
- Strieder, R. B., & Kawamura, M. R. D. (2017). Educação CTS: Parâmetros e Propósitos Brasileiros. *Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia*, 10(1), 27–56.  
<http://dx.doi.org/10.5007/1982-5153.2017v10n1p27>
- Tollefson, J. (2019). ‘Tropical Trump’ sparks unprecedented crisis for Brazilian science. *Nature*, 572(7768), 161–162. <https://doi.org/10.1038/d41586-019-02353-6>
- Träsel, M., Lisboa, S., & Vinciprova, G. R. (2019). Pós-verdade e confiança no jornalismo. *Brazilian Journalism Research*, 15(3), 452–473.  
<https://doi.org/10.25200/BJR.v15n3.2019.1211>
- Universidade Federal do Rio Grande do Sul. (2020, agosto 6). *UFRGS sincroniza acesso ao Microsoft Teams com sistemas da Universidade – Coronavírus*.  
<https://www.ufrgs.br/coronavirus/base/ufrgs-sincroniza-acesso-ao-microsoft-teams-com-sistemas-da-universidade/>
- United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. (2012). *Declaração REA de Paris em 2012*. Congresso Mundial sobre REA.  
[http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/HQ/CI/CI/pdf/Events/Portuguese\\_Paris\\_OER\\_Declaration.pdf](http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/HQ/CI/CI/pdf/Events/Portuguese_Paris_OER_Declaration.pdf)
- United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. (2013, junho). *Building Knowledge Societies*. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO). <https://en.unesco.org/themes/building-knowledge-societies>

Vilar, S. R., de Araújo, L. M., & da Costa Junior, A. G. (2017). Desenvolvimento de ambiente virtual de simulação para auxiliar o processo de ensino-aprendizagem de robótica na engenharia. *COBENGE 2017*, 8.

Vitói, L. A., Diego Albuquerque Carvalho, Kollarz, M. L., Cyrillo, Y. M., & Gomes, F. J. (2014). Desenvolvimento de uma plataforma open *hardware* para estudo de um carregador solar. *COBENGE 2014*, 12.