

Cultura livre na educação: uma revisão da literatura sobre o uso de Tecnologias Livres, Ciência Aberta e Recursos Educacionais Abertos no ensino de Física e Engenharia⁺*

Marina de Freitas¹

Doutoranda do Programa de Pós-graduação em Ensino de Física – UFRGS

Ives Solano Araujo¹

Leonardo Albuquerque Heidemann¹

Instituto de Física – UFRGS

Porto Alegre – RS

Resumo

Com o objetivo de compreender a abordagem das pesquisas em ensino de Física e Engenharia em relação aos preceitos e ferramentas da Cultura Livre – especialmente em relação aos movimentos de Ciência Aberta, Recursos Educacionais Abertos, Software Livre e Hardware Livre –, foi realizada uma revisão da literatura em periódicos dessa área de pesquisa. Identificou-se o protagonismo da aplicação de tecnologias livres em atividades didáticas, seguido da mobilização desses conceitos, e do de Recursos Educacionais Abertos, para a transformação social. Apesar do longo histórico do uso de tecnologias livres no ensino de física e engenharia, a área carece de discussões teóricas sobre as motivações e implicações do movimento de Cultura Livre para a educação e para a sociedade.

Palavras-chave: *Software Livre; Hardware Livre; Recursos Educacionais Abertos; Ensino de Física; Ensino de Engenharia.*

⁺ Free culture in education: a literature review on the use of Free Technologies, Open Science and Open Educational Resources in the teaching of Physics and Engineering

^{*} *Recebido: 20 de julho de 2021.*

Aceito: 1 de julho de 2022.

¹ E-mails: marinappdf@gmail.com; ives@if.ufrgs.br; leonardo.h@ufrgs.br

Abstract

The authors carried out a literature review in journals of Physics and Engineering education to understand the approach of this area in relation to Free Culture concepts and tools – especially in relation to the Open Science, Open Educational Resources, Free Software and Free Hardware movements. The review identified the leading role in the application of free technologies in teaching activities, followed by the mobilization of these concepts, and that of Open Educational Resources, for social transformation. Despite the long history of the use of free technologies in the physics and engineering education, the area lacks theoretical discussions about the motivations and implications of the Free Culture movement for education and society.

Keywords: *Free Software; Free Hardware; Open Educational Resources; Physics Education; Engineering Education.*

I. Introdução

Em agosto de 2020 a Iniciativa de Educação Aberta (IEA), um projeto do Instituto Educa Digital² e da Cátedra UNESCO em Ensino a Distância³, publicou um relatório sobre as plataformas de educação mais adotadas no Brasil, em especial as oferecidas pela Google e pela Microsoft (LIMA, 2020). Nele, o IEA destaca que, apesar de os pacotes serem geralmente oferecidos gratuitamente às instituições de ensino, os custos sociais do seu uso são grandes. Por serem tecnologias disponibilizadas gratuitamente para as instituições, não passam por um processo de licitação pública, eliminando as etapas de análise e escrutínio necessários para um contrato público. O diálogo entre as partes envolvidas e afetadas por essa tecnologia, por exemplo, é limitado devido aos confusos contratos unilaterais que impossibilitam qualquer negociação entre as instituições de ensino e as empresas. Ainda que não se compreenda completamente o funcionamento dos modelos de negócio dessas empresas, sabe-se que envolvem a comercialização dos dados dos seus usuários (LIMA, 2020); por isso, o imenso interesse dessas corporações em dar suporte para o sistema de ensino brasileiro deve ser visto com mais *desconfiança* do que *gratidão*. Ainda que esses serviços tenham sido de grande apoio para a urgente e inesperada situação de isolamento social, que exigiu a adequação de atividades presenciais ao contexto virtual, sua adoção

² O Instituto Educa Digital é uma organização da sociedade civil que promove ações e projetos de educação aberta e cultura digital desde 2010. Disponível em: <<https://educadigital.org.br/>>. Acesso em: jul. 2021.

³ A Cátedra UNESCO, atualmente sediada na Faculdade de Educação da Universidade de Brasília, é uma iniciativa da Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO) para a promoção de educação aberta e educação a distância. Disponível em: <<http://educacaoaberta.org/>>. Acesso em: jul. 2021.

acrítica tem consequências negativas para a sociedade. Como detalhado por Freitas, Heidemann e Araujo (2021) e Parra *et al.* (2018), o indiscriminado uso dessas plataformas educacionais, além de exporem os estudantes a confusos termos de uso que condicionam o acesso à educação à espionagem e à monetização dos seus dados, tem como consequência o treinamento dos estudantes no uso exclusivo do *design* das *interfaces* dessas tecnologias, unificando a forma de pensar e organizar as ideias e alimentando uma dependência individual e coletiva dessas ferramentas⁴.

Da análise dos termos de uso desses dois pacotes de *softwares*, não é possível concluir quais são os dados e informações sobre seus usuários (estudantes e professores) que podem ser coletados e quais usos comerciais podem ser explorados com eles (LIMA, 2020). Se, a princípio, isso pode parecer inofensivo, um olhar atento indica que a comercialização de dados para uso em propagandas não é apenas uma nova forma de atingir o público-alvo de campanhas publicitárias, mas também uma forma de moldar os comportamentos ao ponto de criar o desejo pelo consumo de produtos específicos, e de modulação de comportamento político, em especial em eleições e plebiscitos, e também para a espionagem entre países (LIMA, 2020)⁵.

O relatório destaca também que o oferecimento gratuito dessas soluções está relacionado ao interesse de fidelização dos usuários (LIMA, 2020), em outras palavras, com o condicionamento dos jovens estudantes ao uso de *designs* e estruturas de *software* dessas empresas em específico. Essa estratégia é usada em várias áreas, contudo, na educação, ela se aproxima, como apontou Freitas (2020), ao que Paulo Freire chamou de *burocratização das mentes*, ou seja, à formatação das formas de pensar, criar, colaborar e até de se comunicar.

O alerta dos riscos da normatização do uso de *softwares* proprietários e centralizadores não se resume apenas à educação, e se estende para todos os setores da sociedade, como denunciado pela Coalização Diretos na Rede⁶. Antes mesmo das preocupações com vigilância e privacidade serem os principais temas de debate, os problemas do domínio que as empresas de *software* têm sobre os usuários dos seus produtos já haviam sido denunciados.

⁴ Por exemplo, ao serem usadas apenas soluções da Google para mediar a comunicação e atividades *online* de determinada escola, estudantes e professores passam a limitar suas capacidades digitais apenas as *interfaces* do Google Docs, Gmail, Google Class, etc., limitando a criatividade e capacidade de adaptação para criação e adoção de novas ferramentas, e fortalecendo uma relação de dependência de corporações que não têm se responsabilizado pelos efeitos na sociedade de suas tecnologias (FREITAS; HEIDEMANN; ARAUJO, 2021).

⁵ Denunciadas, por exemplo, por Christopher Wylie, disponível em: <https://brasil.elpais.com/brasil/2018/03/26/internacional/1522058765_703094.html>, e por Glenn Greenwald, disponível em <<https://www.theguardian.com/world/2013/jun/06/us-tech-giants-nsa-data>>. Acessos em: jun. 2021.

⁶ Disponível em: <<https://direitosnarede.org.br>>. Acesso em: jun. 2021.

No início da década de 80, Richard Stallman já indicava que o uso de *softwares* proprietários⁷ põe a liberdade dos usuários em risco ao limitar a autonomia de estudar como funcionam, de impedir a modificação dos códigos – até mesmo para identificar e corrigir falhas de segurança, ou a coleta indevida de dados. Como afirma o ativista, “Se os usuários não controlam o programa, o programa controla os usuários” (STALLMAN, [s.d.], p. 1). Segundo Stallman, esse cenário promove uma diferença de poder injusta entre os “donos” dos códigos e aqueles que os usam – ainda que nem todos os usuários saibam modificar códigos, o caráter livre desses não criminaliza aqueles que buscam os meios para fazer isso, promovendo, assim, uma liberdade coletiva de modificar e criar, e não apenas individual. A partir dessas denúncias, surge como alternativa ao proprietário o Movimento de *Software* Livre, fundamentado na cultura da solidariedade e na defesa da liberdade de uso, estudo, modificação e distribuição dos códigos de computador por parte dos usuários (STALLMAN, [s.d.]). Desse movimento, nascem as primeiras licenças abertas⁸, que tornaram possível uma nova forma de contraposição à propriedade intelectual: em vez de negada - como com liberação das obras em domínio público –, ela foi “hackeada”. Assim se iniciou uma nova era, em que movimentos pelo livre acesso e recombinação, e pela democratização dos bens culturais, das artes, das tecnologias (digitais, de comunicação etc.) e das ciências, passaram a estar associados e unidos ao uso de licenças abertas no movimento da Cultura Livre (FOLETTTO, 2021).

Freitas, Heidemann e Araujo (2021) discutem que as implicações desses movimentos não se limitam ao maior acesso a conteúdos e ferramentas; quando associados à educação em Ciências e Tecnologia (C&T), de um viés emancipatório, viabilizam que estudantes, professores e gestores se apropriem de tecnologias e técnicas profissionais de engenharia e de ciências, de maneira a aumentarem suas capacidades de ação sobre o mundo, seja ele artístico, cultural ou científico. Ao considerar que as sociedades modernas são altamente dependentes de complexos sistemas tecnológicos e científicos – como sistemas computacionais, produção de fármacos, etc. –, o ensino de C&T é essencial para a tomada de consciência e emancipação; também os conteúdos a serem ensinados não são apenas uma tarefa burocrática a ser seguida, mas parte do processo de emancipação, são conhecimentos que podem ser mobilizados para proteção e evitação de injustiças sociais, e para a transformação e criação de alternativas de vida. A descentralização dos conhecimentos permite também que as instituições de ensino possam igualmente se emancipar, por exemplo, ao construírem alternativas às plataformas educacionais proprietárias a partir da adaptação de tecnologias e recursos educacionais livres (FREITAS, 2020; FREITAS; HEIDEMANN; ARAUJO, 2021).

⁷ Serão entendidas como proprietárias obras registradas como propriedade intelectual, mas que não estão sobre licenças abertas.

⁸ As licenças abertas são uma forma de propriedade intelectual voltada para a liberdade qualquer pessoa, e para qualquer fim, usar, modificar e distribuir uma obra. Algumas se assemelham ao *Copyleft*, e propagam os direitos da obra original às obras derivadas e redistribuídas, outras se aproximam do domínio público, que não impõem nenhuma restrição às licenças das obras derivada (FOLETTTO, 2021).

Pelo exposto, entende-se que a associação de diferentes aspectos da Cultura Livre - como a Ciência Aberta, as Tecnologias Livres e os Recursos Educacionais Abertos (REA) - na educação em C&T, em contraposição ao uso exclusivo de conteúdos e ferramentas proprietárias, tem muito a contribuir com uma educação crítica emancipatória, mas também emancipada. Sendo assim, surge a questão: como os trabalhos de pesquisa em ensino de C&T se posicionam em relação à Cultura Livre?

Em relação à publicação científica em acesso aberto, as investigações de Furnival e Silva-Jerez (2017) e Furnival e Guirra (2017) sugerem um desconhecimento e desconfiança, por parte de professores de engenharia, 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 à publicação aberta de seus trabalhos. A pesquisa indica que profissionais dessa área apoiam práticas de Acesso Aberto, contudo, não costumam adotá-las por dois motivos, quais sejam: *i.* são comuns, nessa área, pesquisas financiadas pelo setor industrial, que costuma exigir sigilo nos resultados ou a aplicação de patentes; e *ii.* os pesquisadores dessa área frequentemente têm uma percepção negativa em relação a revistas de Acesso Aberto, relacionando-as com práticas de periódicos predatórios e de má qualidade (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 delas pode estar sendo prejudicado pelo desconhecimento de licenças abertas e sobre o que representa, em relação à propriedade intelectual, a disponibilização pública e aberta de conteúdo, códigos e esquemáticos.

Quanto à percepção sobre REA, Da Silva e Rodello (2020) – em pesquisa que entrevistaram professores na área de ciências de universidades brasileiras – identificaram que os fatores de maior motivação para a (re)utilização de REA é reduzir os custos para os estudantes e para a própria instituição. Fatores relacionados com a colaboração entre professores, pesquisadores e estudantes, apesar de apontados como relevantes pelos entrevistados em sua pesquisa, foram classificados como pouco importantes. Já em relação às barreiras, a pesquisa mostrou que o acesso à *internet* e a computadores são percebidas como os maiores obstáculos para o uso de REA.

Ambas as pesquisas tratam da percepção de professores sobre aspectos específicos da Cultura Livre, o Acesso Aberto e os REA; para complementar essa visão, o presente trabalho propõe uma revisão da literatura que investigue que outros aspectos da Cultura Livre são mobilizados, e como eles são apresentados e aplicados no ensino em C&T. Considerando a grande extensão de produções sobre ensino de C&T, optou-se por diminuir o escopo da pesquisa para as áreas de física e engenharia; a escolha baseou-se na relação histórica de ambas com o surgimento do movimento de *Software Livre* (FREITAS; HEIDEMANN; ARAUJO, 2021). A relação pode ser exemplificada pelo fato de a física ter sido o berço dos primeiros repositórios e protocolos de compartilhamento de dados e publicações científicas (e.g. arXiv), ou ainda pela emblemática relação da Organização Europeia para a Pesquisa

Nuclear (CERN) com os movimentos de *software* e, posteriormente, *hardware* de código aberto para a ciência (FREITAS; HEIDEMANN; ARAUJO, 2021). Já no campo das engenharias, a relação se faz diretamente com a produção de tecnologias, sejam elas equipamentos e técnicas científicas, sistemas e protocolos de comunicação, ou ainda no campo da produção audiovisual⁹.

Isso posto, a revisão da literatura desenvolvida nesse trabalho tem como guia as seguintes questões de pesquisa: i. Quais aspectos da Cultura Livre são mobilizados nas pesquisas em Ensino de Física e Engenharia? ii. Quais são as justificativas, conceitos, teorizações e implicações sociais apresentadas na defesa do uso de tecnologias, conteúdos e obras livres e da promoção destes aspectos da Cultura Livre no Ensino de Física e Engenharia?

Para responder essas questões, a noção de Cultura Livre – os movimentos e definições associados – serão discutidos brevemente na próxima seção. A seguir será descrita a metodologia da revisão da literatura, seus resultados, e uma discussão sobre a investigação realizada. Por fim, são expostas considerações finais.

II. Cultura livre: Ciência Aberta, Tecnologias Livres e REA

A Cultura Livre, como um movimento associado à defesa da produção de bens culturais com licenças abertas, foi fortalecida com a criação do *copyleft* para *softwares* e das licenças *Creative Commons*¹⁰ (FOLETTTO, 2021). Está geralmente associada à produção cultural, literária e artística, mas pode também englobar a produção de conhecimento científico, recursos educacionais e vários tipos de tecnologias. Movimentos como o da Ciência Aberta, dos REA e das Tecnologias Livres compartilham com a Cultura livre, e entre si, a defesa por ampliar o acesso e a possibilidade de produção de conteúdos e obras, e compartilham também ferramentas técnicas e jurídicas usadas para esses fins.

A Ciência Aberta não possui uma história, nem definição, bem estabelecidas (ALBAGLI; CLINIO; RAYCHTOCK, 2014), mas seu crescimento coincide com o da Cultura Livre. É um termo que abriga vários aspectos da produção científica e que abrange diversos pontos de vista, por vezes conflitantes, mas que convergem na distribuição, acesso e produção do conhecimento científico, sem restrições legais, tecnológicas ou sociais. Inclui-se nesse movimento o Acesso Aberto, que trata da defesa da disponibilização ampla, gratuita e pública dos resultados de investigação científica. Similarmente, o movimento de Dados Abertos promove a publicação aberta de dados científicos e de interesse público, como dados governamentais e climáticos (ALBAGLI; CLINIO; RAYCHTOCK, 2014); aliado à discussão

⁹ Ainda que o financiamento de pesquisas na área de engenharia tenda a ter forte influência do setor privado - que costuma exigir sigilo nos resultados de pesquisa e a aplicação de patentes -, entende-se ser importante investigar as pesquisas de ensino na área para averiguar se essa tendência é transferida para as práticas educacionais ou não.

¹⁰ Disponível em seu site oficial: <<https://creativecommons.org/>>. Acesso em: jun. 2021.

sobre abertura, o movimento valoriza o direito ao anonimato e à proteção de dados individuais e sensíveis, priorizando a segurança coletiva à abertura indiscriminada.

Os instrumentos e equipamentos científicos, como microscópios e *softwares* de estatística, são parte da Ciência Aberta, mas são também Tecnologias Livres. São códigos de computador, circuitos eletrônicos, ou até mesmo máquinas analógicas, usadas para ciência, arte, agricultura, comunicação e educação, com seus esquemáticos, desenhos e códigos publicados sob licenças abertas. São parte desse movimento o *Software* Livre e o *Software* de Código Aberto. O primeiro está fundamentado na cultura da solidariedade e nas quatro liberdades fundamentais de execução, estudo, redistribuição e distribuição dos códigos. O segundo foca na defesa objetiva do código aberto, como evidenciado pela Definição de (*software*) Código Aberto¹¹, que aborda apenas as condições jurídicas que para as quatro liberdades fundamentais mencionadas. Baseada nessa definição, o *Hardware* de Código Aberto, ou *Hardware* Aberto e Livre (HAL), estende para os circuitos e máquinas, e outros artefatos tangíveis, a noção de abertura (FREITAS; HEIDEMANN; ARAUJO, 2021).

Na área da educação, o movimento de Recursos Educacionais Abertos (REA) incentiva a ampla adoção e promoção de materiais de ensino, aprendizagem e investigação, digitais ou não, publicados em domínio público, ou com licenças abertas¹², 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, 2019).

Além desses movimentos, conceitos e argumentos, poderiam ser encontrados aspectos similares em cada área específica da ciência e da tecnologia – a exemplo dos crescentes movimentos abertos na biologia –, ou nos diversos aspectos da cultura e expressão (digital ou não), em diferentes níveis de comprometimento com a abertura do conhecimento, como os movimentos *Hacker* e o *Maker* (FREITAS, 2020; FREITAS; HEIDEMANN; ARAUJO, 2021). Os movimentos citados divergem em diferentes aspectos, entre eles o nível de restrição das licenças, as formas de publicação e as estratégias usadas por suas organizações. Ainda assim, convergem na defesa do (re)uso, recombinação e redistribuição de obras culturais, técnicas, científicas e educacionais. Serão, portanto, integrados, nesse trabalho, como diferentes aspectos da Cultura Livre.

III. Metodologia

A revisão foi realizada em março de 2021, e está separada em duas etapas. Na primeira etapa, buscou-se nos motores de busca de revistas nacionais e internacionais de

¹¹ A definição de Código Aberto é base para outras definições, como a de conhecimento aberto, da Open Knowledge Foundation (OKF) e a de *hardware* de código aberto, da Open Source Hardware Association (OSHW). Disponível em <<https://opensource.org/osd>>. Acesso em: jun. 2021.

¹² Diferentemente do Software Livre, os REA acolhem licenças com restrições de comercialização e modificação, ou que não limitam os tipos de licenças aplicadas às derivações das obras.

ensino de física e engenharia – listadas a seguir – publicações que abordassem os seguintes termos¹³: 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, maker, hacker e Arduino*¹⁴.

Foram excluídos os textos que não abordam temas de física (e.g., matemática, química), mas foram mantidos os que abordam temas de engenharia e tecnologia (e.g., programação de computadores, robótica, informática, eletrônica). Foram descartados também os artigos que utilizavam *softwares* livres para a análise dos dados das pesquisas (e.g., *software* de estatística R), e trabalhos que abordam o movimento *maker* e o uso de *softwares* livres sem, contudo, mencionar que se tratavam de ferramentas livres (e.g., trabalhos sobre uso do *software Scilab* que não a definiram como de código aberto/livre).

Para a realização da revisão, foi selecionado um conjunto de revistas representativas das áreas de ensino de física e engenharia; destaca-se que a lista não é exaustiva, mas cobre periódicos bem estabelecidos e tradicionais da área de pesquisa em Ensino de Física. As revistas investigadas, e o número de artigos encontrados em cada uma, são: *American Journal of Physics* (13), *Science & Education* (0), *Science Education* (0), *Journal of Research in Science Teaching* (0), *International Journal of Science Education* (3), *Physics Review Special Topics – Education Research* (3), *Physics Review Special Topics – Education Research* (2), *Enseñanza de las Ciencias* (0), *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias* (2), *Revista Electrónica Investigación en Educación de las Ciencias* (0), Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciências (0), Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia (6), Caderno Brasileiro de Ensino de Física (14), Ciência & Educação (1), Investigações em Ensino de Ciências (0) Revista de Ensino em Ciências e Engenharia (0), Revista Brasileira de Ensino de Física (34), Revista da Associação Brasileira de Ensino de Engenharia (1), Revista Alexandria (0), Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências (0) e, devido à relevância do Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia (COBENGE), os Anais desse evento¹⁵ (142), totalizando 218 trabalhos selecionado. Esses foram então classificados segundo os aspectos e temas relacionados à Cultura Livre mobilizados.

Na segunda etapa foram selecionados para análise e discussão os 16 trabalhos, listados no Quadro 1, que justificam as escolhas das tecnologias e práticas baseadas em seu caráter de código aberto, ou que discutem as implicações para a educação quando práticas

¹³ Nas revistas de língua inglesa e espanhola, as expressões foram traduzidas e adaptadas para os respectivos idiomas. Os termos utilizados estão detalhados em (FREITAS, 2020).

¹⁴ Partindo da hipótese de que a expressão “*hardware* livre” não é muito utilizada, mas que muitos trabalhos na área utilizam a plataforma Arduino em atividades educacionais, adicionou-se também essa expressão às buscas. Mais sobre Arduino em <<https://www.arduino.cc>>. Acesso em: set. 2020.

¹⁵ Os anais dos anos 1999, 2001, 2013 e 2015 não foram investigados, pois não estavam disponíveis online. Por não haver uma ferramenta de busca por palavras-chave para os anais anteriores a 2017, optou-se por pesquisar 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 and open source software*), *free, open, software, hardware*, robótica, *hacker, maker, Arduino*.

alinhados aos movimentos de Cultura Livre são adotadas. Artigos de revisão sobre os temas também foram analisados de modo a investigar a relevância dos aspectos filosóficos e teóricos dos conceitos na área. A partir da análise desses textos, investigou-se quais as justificativas, conceitos e teorizações sobre a defesa do uso de tecnologias, conteúdos e obras livres e em qual extensão os trabalhos discutem as implicações políticas, econômicas, sociais ou ambientais do uso e desenvolvimento de diferentes aspectos da Cultura Livre.

IV. Resultados

Na primeira etapa, foram selecionados 218 trabalhos e artigos; desses, nenhum está associado ao movimento *hacker*, ao acesso aberto, à Ciência Aberta nem aos dados abertos, indicando que as pesquisas na área não incorporaram essas práticas e perspectivas. Como detalhado na Fig. 1, do total de trabalhos analisados, 142 foram publicados nos Anais do COBENGE; desses, dois trabalhos discutem o tema de REA, 60 abordam o uso ou desenvolvimento de *software* livre, 80 envolvem atividades com *hardware* livre – sendo três deles também associados a educação *maker* e outros dois a noção de robótica livre. Dos trabalhos de *Software* Livre, apenas 14 (23,33%) explicam o conceito, enquanto apenas 11 (13,75%) dos de *Hardware* Livre realizam essa tarefa; todos os textos sobre REA discutem o conceito.

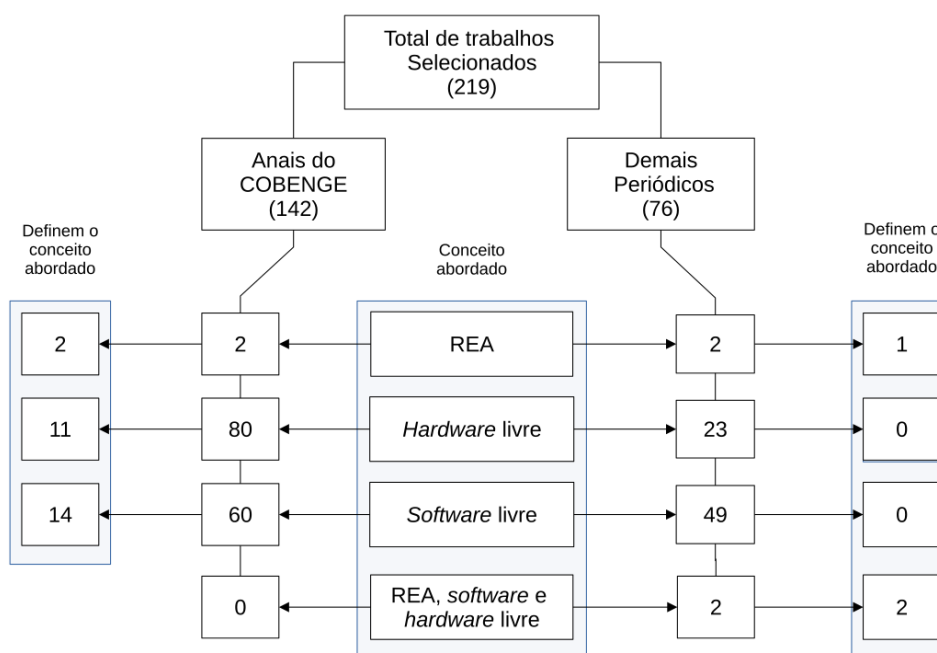


Fig. 1 – Distribuição dos artigos conforme conceitos abordados e suas definições.

Os outros 76 textos são artigos publicados nos periódicos listados na seção de Metodologia; desses, dois discutem o tema de REA, 49 abordam o uso ou desenvolvimento de *Software Livre*, 23 envolvem atividades com *hardware* livre e dois envolvem o uso de *software* e *hardware* livre, juntamente com REA. Nenhum dos artigos apresentam qualquer definição de *Software* e *Hardware* livre, e apenas um não apresenta uma definição para o termo REA.

Dos artigos sobre *Software* e *Hardware* livre nos periódicos (72), apenas 21 (28,77%) justificam a escolha dessas ferramentas por aspectos associados ao código aberto – em especial seu baixo custo, ou gratuidade. A versatilidade, possibilidade de adaptação, as redes de colaborações associadas às ferramentas e até o fácil uso e aspectos técnicos delas foram também mencionadas como justificativas (e.g. DA SILVA; RODELLO, 2020; PERGHER *et al.*, 2019). Apesar dessas características poderem ser associadas ao código aberto, os textos – com exceção dos artigos listados no Quadro 1 – apresentam tais vantagens de maneira reduzida, resumindo a perspectiva ao indivíduo, ou ao contexto específico tratado no trabalho, sem um aprofundamento da discussão sobre as consequências positivas para a sociedade.

Da leitura desses textos, foram identificadas duas formas de abordar as Tecnologias Livres: utilitarista e para a transformação social. Os textos são utilitaristas quando ignoram os aspectos filosóficos e ideológicos por trás dos conceitos e ferramentas, utilizando-os de uma perspectiva “neutra” e “puramente” técnica. São para a transformação social quando relacionam o caráter livre e aberto das tecnologias às suas consequências e implicações para a sociedade; variam desde maior acesso ao conhecimento até sua democratização, incluindo a autonomia tecnológica, a educação humanística, entre outros.

Para a segunda etapa, foram selecionados todos os artigos com uma abordagem para a transformação social, reduzindo o escopo a 16 trabalhos, listados no Quadro 1. Além desses, foram incluídos três textos com abordagem utilitarista porque brevemente discutem os conceitos abordados (CARVALHO NETO; APOLINÁRIO; SOARES, 2018) ou por serem artigos de revisão sobre o tema (MOREIRA *et al.*, 2018; POLON *et al.*, 2006), igualmente listados no Quadro 1.

A seguir, os trabalhos selecionados no Quadro 1 serão descritos, iniciando-se pelos cinco textos que abordam a noção de REA. Quatro deles (BOHRER SILVA *et al.*, 2015; DA SILVA; RODELLO, 2020; MATTA, 2012; SOUZA *et al.*, 2019) definem o conceito a partir das definições da UNESCO de 2002¹⁶ e 2012¹⁷ e detalham o significado, origem e implicações dos REA, indicando convergência nas fontes sobre tema e uma preocupação em apresentá-lo para a comunidade. Apenas um texto (PERGHER *et al.*, 2019) não apresenta

¹⁶ Disponível em: <<https://docs.iiep.unesco.org/I009621.pdf>>. Acesso em: jun. 2021.

¹⁷ Disponível em: <http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/HQ/CI/CI/pdf/Events/Portuguese_Paris_OER_Declaration.pdf>. Acesso em: jun. 2021.

definição para o termo, ainda que o associe à publicação de conteúdos abertos e a educação aberta como prática de colaboração.

Quadro 1: Artigos e trabalhos selecionados para análise, baseado na abordagem apresentada dos conceitos, bem como artigos de revisão.

| Conceito | Fonte | Referências |
|---|--|---|
| <i>Software</i> Livre | Anais do COBENGE | (BAMBERG; RIBEIRO, 2004) |
| | | (ANDRADE, 2004) |
| | | (AGOSTINHO <i>et al.</i> , 2006) |
| | | (POLON <i>et al.</i> , 2006) |
| | | (QUEIROZ <i>et al.</i> , 2010) |
| | | (PINTO <i>et al.</i> , 2011) |
| | | (PINTO <i>et al.</i> , 2012) |
| | | (DELOROSO <i>et al.</i> , 2019) |
| | Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias | (BARNETO; MARTÍN, 2006) |
| Caderno Brasileiro de Ensino de Física | (BEZERRA JR <i>et al.</i> , 2012) | |
| <i>Software e Hardware</i> Livre | Anais do COBENGE | (BEZERRA JR. <i>et al.</i> , 2009) |
| <i>Hardware</i> Livre | Anais do COBENGE | (VITOI <i>et al.</i> , 2014) |
| | Revista Brasileira de Ensino de Física | (CARVALHO NETO; APOLINÁRIO; SOARES, 2018) |
| | Caderno Brasileiro de Ensino de Física | (MOREIRA <i>et al.</i> , 2018) |
| Recursos Educacionais Abertos | Anais do COBENGE | (MATTA, 2012) |
| | | (PERGHER <i>et al.</i> , 2019) |
| | Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia | (DA SILVA; RODELLO, 2020) |
| Recursos Educacionais Abertos, <i>Software e Hardware</i> Livre | Revista Brasileira de Ensino de Física | (BOHRER SILVA <i>et al.</i> , 2015) |
| | Caderno Brasileiro de Ensino de Física | (SOUZA <i>et al.</i> , 2019) |

Os trabalhos de Matta (2012) e Pergher *et al.* (2019) voltam-se para o uso dos MOOCs (*Massive Open Online Courses*), que são materiais de ensino *online* (vídeos e textos) disponibilizados gratuitamente, e que estão relacionados às origens do movimento REA. Já Souza *et al.* (2019) e Bohrer Silva *et al.* (2015) mobilizam a noção de REA como o conceito

central dos trabalhos, incluindo nelas as ferramentas de *software* e *hardware* livre; em ambos os trabalhos as Tecnologias Livres não são distinguidas dos REA, de forma que as discussões propostas para um tema se estendem para o outro.

O primeiro trabalho publicado (MATTA, 2012) defende o uso de REA e do ensino a distância como alternativas para o ensino de engenharia. São destacados como vantagens da adoção de REA o fácil acesso, a possibilidade de os 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 na democratização do ensino, sem, contudo, relacionar de que maneira os REA contribuem para isso. Por ser o primeiro, e único, trabalho encontrado sobre REA na área de engenharia, contribui por introduzir o conceito no campo, associando-o às implicações positivas quando usado no ensino a distância.

Bohrer Silva *et al.* (2015) diferenciam-se por associar o conceito de REA ao desenvolvimento de uma tecnologia (uma estação meteorológica de código aberto); o artigo destaca-se por apresentar o uso de *hardware* e *software* livres e as filosofias dos REA e da Ciência Cidadã¹⁸ como metodologias de desenvolvimento, não apenas como uma motivação. A justificativa para essa escolha não é aprofundada, mas pode-se concluir que o elo entre REA e Ciência Cidadã aponta para uma possível percepção de que os REA contribuem para aumentar a participação pública na ciência, e que o desenvolvimento de tecnologias com ferramentas abertas tem vantagens para além de maior acesso ao produto final.

Seguindo outra linha, Souza *et al.* (2019) dão ênfase aos usos e implicações dos REA num curso de extensão para professores de física. O texto indica, de forma mais elaborada do que nos demais, que as liberdades dos REA contribuem com a educação nos sentidos de acesso, criação e compartilhamento de conhecimento. A adoção dos REA, nesse caso, está associada ao baixo custo, à cultura do compartilhamento e aos potenciais benefícios para a educação, em especial para a introdução de Tecnologias Digitais de Comunicação e Informação. Diferente dos demais textos analisados – com exceção de Bohrer Silva *et al.* (2015) –, os REA não são abordados nesse curso apenas como ferramentas, como materiais didáticos; sua conceitualização, reflexão e uso têm espaço de protagonismo nas atividades. Entre os itens discutidos no curso, estão o valor dos REA, a história dos movimentos *Open Source* e o que são licenças abertas; além disso, um espaço exclusivo no canal de comunicação do grupo foi criado para o compartilhamento de REA; por fim, a escolha pelo uso de ferramentas de código aberto ao longo de todas as atividades – da comunicação à escrita de textos – evidencia o protagonismo que os autores deram a elas no curso e assinala a compreensão de que os REA não se limitam à disponibilização de materiais didáticos. Contudo, como não estão no escopo do artigo os detalhes dessas reflexões, não é possível

¹⁸ Segundo Bohrer Silva *et al.* (2015), a ciência cidadã é uma forma de participação voluntária de cidadãos no processo científico, da coleta à análise dos dados.

concluir qual o valor dos REA para eles, nem por que é importante manter a coerência utilizando apenas *softwares* livres.

Pergher *et al.* (2019) abordam a criação de uma rede de colaboração baseada em preceitos da educação aberta e dos REA, para a comunicação científica na área de engenharia e sustentabilidade ambiental – tanto entre os grupos de pesquisa, como entre eles e a sociedade. Ainda que esses conceitos sejam centrais na proposta, eles não são definidos e não é discutido por que são importantes para o sucesso da rede – implicitamente, entende-se que os REA expandem o acesso ao conhecimento para além dos grupos de pesquisa e da universidade. Segundo os autores, para que a reprodução desses conhecimentos em novos contextos seja favorecida, é imprescindível a cultura da colaboração e do compartilhamento; por esse motivo se faz necessária a formação de uma rede de educação que seja, também, pautada pelo aberto. O trabalho destaca-se por explicitar a insuficiência, para a sustentação da rede, apenas do uso e disponibilização de recursos abertos; aspectos positivos do aberto, como a colaboração e a contextualização dos conteúdos, não se concretizam apenas com o compartilhamento e disponibilização desses, é preciso também a ativa participação de pesquisadores e estudantes na criação, modificação e compartilhamento dos conteúdos.

Na intenção de compreender as motivações e barreiras para adoção dos REA, Da Silva e Rodello (2020) conduziram uma investigação sobre o tema com 76 pesquisadores da área de ciências, em instituições brasileiras e alemãs. No contexto da educação, destacam a possibilidade de construção colaborativa do conhecimento, que proporcionaria uma experiência contextual, que favorece o diálogo e interesses dos estudantes. A partir da discussão política e social das práticas de REA, o texto contribui, para além dos resultados gerais da pesquisa, ao mencionar não somente as contribuições individuais ao acesso ao conteúdo, mas também que os REA podem ser estrategicamente usados, em políticas públicas ou institucionais, para melhorar a qualidade de educação e diminuir as desigualdades sociais entre países.

Os outros conceitos abordados nos textos do Quadro 1 estão associados às Tecnologias Livres, exclusivamente de *hardware* e *software*. Em relação às definições dos conceitos, ainda que apresentem discussões aprofundadas sobre suas implicações, quatro não definem os termos (BARNETO; MARTÍN, 2006; CARVALHO NETO; APOLINÁRIO; SOARES, 2018; DELOROSO *et al.*, 2019; MOREIRA *et al.*, 2018), três os apresentam de forma sucinta (ANDRADE, 2004; BEZERRA JR. *et al.*, 2009; VITOI *et al.*, 2014) e dois, já mencionados, incluem os termos na noção de REA (BOHRER SILVA *et al.*, 2015; SOUZA *et al.*, 2019). Os demais textos definem os conceitos a partir das quatro liberdades fundamentais do *Software Livre*, sendo que quatro (AGOSTINHO *et al.*, 2006; PINTO *et al.*, 2012, 2011; QUEIROZ *et al.*, 2010) citam diretamente publicações oficiais de organizações e movimentos da área (e.g. *Free Software Foundation*, *GNU Project*, *Open Source Initiative*). Bezerra Jr *et al.* (2012) e Bamberg e Ribeiro (2004) mobilizam diferentes autores para definir e discutir a autonomia tecnológica e o *Software Livre*; já Polon *et al.* (2006) realiza o mesmo

sem diretamente citar nenhuma fonte. Apesar da diversidade de referências, todos eles relacionam as quatro liberdades fundamentais mencionadas, não desenvolvendo o tema para além delas.

Das leituras, conclui-se que a ausência de definições dos conceitos não está relacionada com a importância dada ao caráter aberto e livre. Por exemplo, Bezerra Jr *et al.* (2012) e Bamberg e Ribeiro (2004), apesar de aprofundarem a discussão sobre impactos sociais de uma educação baseada em *Software Livre* e indicarem referências para seus apontamentos, não explicam o que é *Software Livre*. Parece haver, em todos esses trabalhos, a crença compartilhada de que os conceitos de *Hardware* e *Software Livres*, ou de código aberto, são senso comum, ou seja, que seu significado, vantagens e consequências são compreendidos e dominados pelos pesquisadores da área, dispensando apresentações. Além dos casos mencionados anteriormente, os artigos que tratam de REA e ferramentas livres também exemplificam essa situação: apesar de cuidadosas definições sobre REA, não definem o que é *Hardware* e *Software Livres*.

Nos 16 textos de abordagem para transformação social, foram identificados sete motivações para a adoção de Tecnologias Livres e suas filosofias, discutidas a seguir. Bezerra Jr. *et al.* (2009), Vitoi *et al.* (2014) e Agostinho *et al.* (2006) defendem que a produção de C&T é positiva para a sociedade, logo, a produção e adoção de Tecnologias Livres gera uma transformação social positiva por ampliar o acesso e desenvolvimento de novas tecnologias. Vitoi *et al.* (2014) e Bezerra *et al.* (2009) argumentam também que a formação de engenheiros e cientistas, quando pautado pelas Tecnologias Livres, promove, nesses profissionais, o uso crítico e humanistas das tecnologias.

Em relação à formação crítica, por exemplo, Bezerra *et al.* (2009) propõem que o uso de Tecnologias Livres expande a participação dos engenheiros 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, p. 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, p. 4). Tanto Bezerra *et al.* (2009), como Vitoi *et al.* (2014), não indicam aspectos didáticos do uso de Tecnologias Livres para a formação humanística e crítica, deixando em aberto os aspectos metodológicos dessas atividades.

Outra motivação apontada por diversos autores (BAMBERG; RIBEIRO, 2004; BARNETO; MARTÍN, 2006; BEZERRA JR. *et al.*, 2009; BEZERRA JR *et al.*, 2012; DELOROSO *et al.*, 2019; QUEIROZ *et al.*, 2010) é a promoção da autonomia e independência tecnológica; segundo os autores, o caráter aberto das Tecnologias Livres favorece que as pessoas, num sentido coletivo, e não individual, se apropriem das técnicas de desenvolvimento e uso das suas ferramentas de trabalho e estudo, e também que possam

livremente modificá-las para suas necessidades e possibilidades. No contexto educacional, contribuem porque permitem a adaptação à realidade local, a tradução para idiomas de interesse, produção de manuais e tutoriais, e a distribuição de cópias gratuitas. Por exemplo, Queiroz *et al.* (2010) afirmam 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. Já Deloroso *et al.* (2019) exemplificam o problema da dependência tecnológica ao acesso dos estudantes aos *softwares*, ainda que não discutam em que medida a lógica do livre e aberto, e a ampla adoção dessas ferramentas, pode contribuir para uma alteração na lógica de produção de conhecimento C&T.

Em outro exemplo, Bamberg e Ribeiro (2004) argumentam que o *Software Livre* é essencial para a autonomia tecnológica e intelectual dos engenheiros por darem a eles o controle sobre seus instrumentos de trabalho; caso contrário, 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, p. 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, facilitando o acesso ao *software*.

O baixo custo e fácil acesso às Tecnologias Livres são também motivações, pois, segundo os autores, favorecem também uma maior disponibilidade e difusão do conhecimento (ANDRADE, 2004; SOUZA *et al.*, 2019) e possibilitam maior participação social na ciência (BOHRER SILVA *et al.*, 2015), bem como a democratização do conhecimento e a inclusão digital (AGOSTINHO *et al.*, 2006; DELOROSO *et al.*, 2019; PINTO *et al.*, 2012; 2011). Nos textos que tratam exclusivamente de Tecnologias Livres, as correlações entre o uso delas e a transformação da sociedade, apesar de mencionadas de forma enfática, não são desenvolvidas nem aprofundadas. Por exemplo, Agostinho *et al.* (2006) afirma que o uso de *Software Livre* é uma atitude socialmente justa, economicamente viável e tecnologicamente sustentável; contudo, não desenvolvem no texto argumentos, nem indicam teorias, que discutam o porquê, nem o como, dessas características.

É também citada (BEZERRA JR *et al.*, 2012, p. 201; VITOI *et al.*, 2014) como implicações positivas a percepção de que, quando Tecnologias Livres são usadas em atividades didáticas – seja na formação básica, técnica, ou superior –, as produções realizadas em sala de aula podem também ser usadas como ferramentas científicas ou de engenharia, mesmo quando fora do contexto educacional; assim, as produções educacionais contribuem também com o desenvolvimento da C&T.

Destaca-se que alguns autores (CARVALHO NETO; APOLINÁRIO; SOARES, 2018; MOREIRA *et al.*, 2018; POLON *et al.*, 2006), apesar de tratarem de situações com a ampla adoção de Tecnologias Livres, não apresentaram implicações sociais para isso, mencionando somente vantagens como o baixo custo, ou características técnicas específicas

das plataformas e *softwares* utilizados. A exemplo, o trabalho de Moreira *et al.* (2018), que, ao compararem *softwares* livres e proprietários, avaliam apenas características técnicas, não mencionando vantagens coletivas da adoção de opções de código aberto. A ausência da discussão de qualquer outro aspecto exemplifica a visão utilitarista, mencionada anteriormente.

V. Discussão

A partir da análise dos estudos, foi possível responder às questões de pesquisa propostas. Os resultados indicam que os aspectos da Cultura Livre mobilizados nas pesquisas em ensino de física e engenharia, tema da primeira questão de pesquisa, são os movimentos de Tecnologias Livres, protagonizado pelo movimento de *Software Livre* e de código aberto, tanto em número de trabalhos que aplicam essas tecnologias, quanto em número de trabalhos que aprofundam as discussões sobre o tema (49,8% do total, na primeira etapa, e 68,4% na segunda etapa).

O movimento de *Hardware Livre* é também mobilizado, porém o foco reside mais na aplicação utilitarista das ferramentas, em especial a plataforma Arduino, e menos na reflexão sobre implicações sociais delas (47,5% do total, na primeira etapa, e 31,6% na segunda). Já o movimento de REA se destaca pela profundidade das abordagens, mesmo que com um número reduzido de aplicações (0,02% do total na primeira etapa, e 26,0% na segunda etapa). Essa diferença pode ser exemplificada pela parcela dos trabalhos identificados na primeira etapa que foram selecionados para a segunda etapa: enquanto para os trabalhos sobre *Hardware Livre* apenas 0,06% foram analisados, e de *Software Livre*, 0,12%, para REA esse valor é de 100%.

A segunda questão da revisão questiona quais são as justificativas, conceitos, teorizações e implicações sociais apresentadas na defesa dos aspectos da Cultura Livre mobilizados no Ensino de Física e Engenharia. Destacam-se nos textos justificativas pautadas no baixo custo do acesso às tecnologias, materiais didáticos e conteúdos, e a versatilidade que elas possibilitam (como desenvolver projetos novos ou adaptar projetos já existentes). Aspectos técnicos ou de fácil uso foram também ressaltados, enquanto os aspectos teóricos, conceituais e filosóficos foram pouco mobilizados.

O alto número de trabalhos que não definem os conceitos de *Software* e *Hardware* livre e de código aberto indica a percepção geral deles como conhecimento geral, ou seja, que não necessitam ser apresentados; ainda assim, são majoritariamente associados à gratuidade, baixo custo e disponibilização pública dos códigos. Quando apresentados, os autores recorrem às definições consagradas por organizações dos respectivos movimentos (e.g. *Free Software Foundation*, *Open Source Initiative*), reafirmando a importância dessas para a noção de Tecnologias Livres. Já para o conceito de REA, destaca-se a preocupação em apresentá-lo a partir das declarações da UNESCO, igualmente reafirmando a importância dessa para o movimento. O fato de o único texto que não apresenta uma definição para o REA ser a

publicação mais recentemente (PERGHER *et al.*, 2019), pode indicar uma transição dos REA de uma expressão nova e desconhecida a uma considerada de conhecimento comum – de maneira similar ao que foi identificado para as Tecnologias Livres.

As justificativas para adoção de Tecnologias Livres e REA centraram-se nas consequências do fácil acesso e uso dos conteúdos e ferramentas, desde a gratuidade para a realização de uma atividade didática, até a democratização do conhecimento. Tratam também da adaptabilidade das ferramentas, abordadas de maneira vaga, e das potencialidades das comunidades de desenvolvimento colaborativas de cada ferramenta, brevemente mencionadas. A conexão entre o caráter livre e aberto dos recursos e tecnologias com as soluções e transformações que proporcionam foi discutida pelos autores sem a mobilização de teorias ou interpretações específicas, de forma que a profundidade do tema se limita às discussões apresentadas em cada texto, sem conexões entre si ou com outros autores.

Em relação às implicações sociais da Cultura Livre discutidas nos textos, destacam-se o fortalecimento da autonomia tecnológica e o fomento de capacidades locais como resultado do maior acesso e participação da sociedade, bem como para profissionais da área, em diversas etapas da C&T; no âmbito da educação, implicam uma ampliação na disponibilização e qualidade da educação em C&T, e o uso crítico e humanista das tecnologias. Discussões relacionando diretamente o tema com questões políticas e ambientais não foram identificadas. Os aspectos econômicos discutidos tratam, em sua maioria, do baixo custo para o acesso aos conteúdos e ferramentas; discussões ao nível institucional e de políticas públicas foram tratados pontualmente (e.g. DA SILVA; RODELLO, 2020; PERGHER *et al.*, 2019).

A revisão mostra que há uma preocupação de professores e pesquisadores da área de ensino de ciência e engenharia em incorporar 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 com a preocupação em apresentar e discutir as implicações de sua adoção.

Não foi possível identificar nos trabalhos com abordagem social uma justificativa, do ponto de vista pedagógico, de como o aspecto de código aberto das tecnologias, em relação a suas versões proprietárias, 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. Além dessas questões específicas, a presente pesquisa permite que outras discussões sejam levantadas, como desenvolvidas a seguir.

De maneira geral, os textos destacam a adaptabilidade, o baixo custo, a versatilidade ou a colaboratividade que as Tecnologias Livres trazem para atividades didáticas como seus principais aspectos. Contudo, elas 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 resumidos 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) (STALLMAN, [s.d.]) 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 agronomia, ou química –, não possuem comunidades bem estabelecidas como as de *software*, por exemplo, 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, mais caro ele provavelmente 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 de um projeto.

Da Silva e Rodello (2020), em pesquisa já mencionada anteriormente, identificaram que os fatores de maior motivação para a (re)utilização de REA é reduzir os custos para os estudantes e para a própria instituição e que o maior obstáculo, para os entrevistados, é o acesso à internet e a computadores. Esses resultados ajudam a compreender o porquê de o baixo custo ser tão valorizado nos trabalhos analisados na revisão. Dessa perspectiva, ao se considerar que as principais barreiras estão relacionadas ao acesso a recursos materiais, o baixo custo das Tecnologias Livres e dos REA toma-se não só uma vantagem, mas, por vezes, uma condição necessária para que as atividades sejam realizadas. Ainda que os autores e autoras compreendam a amplitude das filosofias do aberto e livre, num cenário onde a

escassez de recursos é fator limitante, não parece haver necessidade de justificar o uso desses recursos de outra forma que não pelo custo.

Enquanto o incentivo à 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, 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.

Nos textos que apresentam as Tecnologias Livres como ferramentas para um ensino de engenharia crítico, humanista e participativo (e.g. VITTOI *et al.*, 2014; BEZERRA JR. *et al.*, 2009), não estava no escopo dos trabalhos indicarem como, nem por que, as Tecnologias Livres contribuem nessa formação. A ausência dessa discussão deixa em aberto como as ferramentas educacionais não-proprietárias levam os estudantes a refletirem criticamente sobre sua prática e como seu desenvolvimento pode resultar em tecnologias que serão apropriadas pela sociedade e que favorecem a participação cidadã. Contudo, apenas a disponibilização do conhecimento publicamente não significa que: i. as pessoas terão condições materiais e de habilidades técnicas e cognitivas para se apropriarem desses conhecimentos; ii. que a apropriação será necessariamente crítica; iii. que a população afetada ou relacionada com os temas que envolvem uma tecnologia em questão tem o interesse de se apropriar dela, ou que a tecnologia é relevante para suas realidades. Se por um lado a abordagem utilitarista apresenta a ferramenta como neutra, apresentando apenas seus aspectos técnicos e vantagens pontuais de custo, por outro, textos com abordagem social (e.g. AGOSTINHO *et al.*, 2006; BEZERRA JR *et al.*, 2012), ao não se focarem em um aprofundamento da discussão, deixam margem para a compreensão de que as Tecnologias

Livres são intrinsecamente boas. Como consequência, pode-se levar a acreditar que o uso de Tecnologias Livres, por si só, leva ao ensino crítico, ou à democratização do conhecimento.

Como exemplo dos prejuízos a que a visão resumida, identificada nos trabalhos analisados, 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, dedica-se 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* fechado. 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, resumiram-se às trocas realizadas com os colegas do mesmo grupo.

Ainda nesse exemplo, 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 das populações afetadas por esses problemas, nem para a disseminação do conhecimento, pois reproduzem formas de pensar e operar a que elas não têm acesso, ou que não dialogam com suas realidades, ou, ainda, que não resolvem os problemas que se propõem a solucionar.

O fato de a tecnologia em si ser de código aberto não garante que seus produtos serão abertos, nem que democratizarão a informação, nem que 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.

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 que fazem uso de códigos abertos, como o *Google Docs* e *Drive*¹⁹, favorecem o trabalho colaborativo – com suas 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* permite 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 e ferramentas de baixo custo favorecem o trabalho colaborativo e a inclusão digital, por outro, enfraquecem a autonomia tecnológica e intelectual não só dos estudantes, mas de toda a sociedade envolvida (FREITAS; HEIDEMANN; ARAUJO, 2021). 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 e conteúdos livres, mas Cultura Livre.

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) (FREITAS; HEIDEMANN; ARAUJO, 2020).

Anteriormente foi indicado que a ausência do aprofundamento das discussões sobre o tema e suas implicações sociais pode ser resultado da relevância do baixo custo das tecnologias e recursos no contexto brasileiro; contudo, existem ainda outros fatores que podem explicar essa situação. O primeiro fator é a falta de referências específicas para o ensino de C&T que superem visões utilitaristas ou salvacionistas em relação à C&T, como as identificadas nessa revisão. Adicionalmente, nos casos em que o envolvimento dos pesquisadores e professores com os preceitos dos movimentos de código aberto ocorre em um nível prático e comunitário, o aprendizado sobre esses tópicos está baseado mais nas trocas e

¹⁹ O Google Docs e o Google Drive são serviços de armazenamento, sincronização e edição de arquivos *online* disponibilizados gratuitamente pela Google LLC.

conversas entre pares, do que de leituras acadêmicas sobre esses temas. Por outro lado, as normas para publicações científicas, em especial em periódicos, envolvem o uso de referências legitimadas por outros periódicos e coletivos científicos. Assim, a transposição das discussões de um espaço para o outro é complicada, o que dificulta que os temas sejam abordados, mesmo que os autores tenham domínio sobre os assuntos.

Outra possível razão é a tentativa de pesquisadores e professores de se distanciarem de movimentos disruptivos e criminalizados, como os movimentos *hacker* e em defesa da pirataria, ou, uma tentativa de manterem uma postura “puramente” técnica. Como apontou Rafael Evangelista (2009), existe uma busca por relacionar o movimento de *Software Livre* a uma abordagem “neutra”, ou seja, sem relação com a política. Segundo o autor, ações do movimento consideradas “ligados à política” são geralmente classificados como movimentos “de esquerda”, independentemente se estão ligados a partidos ou coletivos de esquerda; já as abordagens que evitam a problematização do sistema capitalista e a associação com o livre mercado são considerados técnicas, portanto, “neutras” (EVANGELISTA, 2009). Assim, a ausência de problematizações acerca das relações entre a Cultura Livre, a C&T e a sociedade não indica que os autores e autoras desconheçam a importância e vantagens do código aberto, sendo possível que esses tenham optado por não pontuarem seus aspectos menos convencionais e, até mesmo, subversivos, ou que não compreendam, de maneira geral, as relações políticas sempre existentes entre a ciência, a tecnologia e a sociedade.

Em outros casos, a não discussão parece ter origem na percepção de que o código aberto é uma noção de conhecimento geral. Por exemplo, Prates *et al.* (2020) analisam os resultados de uma oficina de Arduino no Festival Latino-Americano de Instalação de *Software Livre* (FLISOL). A participação dos autores no festival, e seu interesse por analisar uma oficina de uma ferramenta livre, indicam grande envolvimento deles com o tema; contudo, o texto, publicado nos Anais do COBENGE, não menciona *Software* nem *Hardware* livre, nem discute sua importância. De maneira similar, tanto Bohrer Silva *et al.* (2015), como Souza *et al.* (2019), apesar de discutirem as vantagens dos REA para a educação e para a sociedade, também não definem *Software* nem *Hardware* livre, de maneira que seu significado e associação aos REA está implícita. Assim, pode-se entender que haja, entre os autores analisados na revisão, a crença de que os conceitos de *Software* e *Hardware* livre são de conhecimento geral, dispensando definições e discussões acerca do tema.

VI. Comentários finais

Apesar das contribuições dos textos estudados, em especial por estarem focados na aplicação prática de Tecnologias Livres e REA, a revisão indica que a área não foca em discussões sobre as implicações pedagógicas e sociais da adoção de práticas e ferramentas do movimento de Cultura Livre. Há a redução do movimento ao baixo custo, o que, ainda que não intencionalmente, encobre os fundamentos que as inspiram e sua potência de transformação social. Mesmo que as tecnologias de *software* e de *hardware* livres e de código

aberto sejam largamente usadas no ensino de física e de engenharia, as problemáticas, vantagens e justificativas mobilizadas para seu uso está aquém das conduzidas sobre o tema em outras áreas.

Por exemplo, no Brasil, diversos autores têm tratado dos temas de Ciência Aberta, Tecnologias Livres e REA desde uma perspectiva social e transformadora (e.g. EVANGELISTA, 200; PRETTO, 2012). No *Software Livre*, Rafael Evangelista (2009) destaca que as licenças abertas não são acordos jurídicos entre os “donos dos códigos” e os “usuários”, como são as licenças proprietárias, mas uma ferramenta que busca dismantlar as desigualdades entre eles. Fazem isso por equipararem “donos dos códigos” e “usuários”, ao não estabelecerem regras para o uso dos *softwares*, e por admitirem as condições desiguais entre eles, possibilitando, através das liberdades de modificação e redistribuição, a apropriação dessas obras e conhecimentos (EVANGELISTA, 2009). Assim, o proprietário e o livre não são apenas metodologias de desenvolvimento de *software* distintas, mas também partem de ideologias e visões de mundo distintas. Não à toa, as comunidades de desenvolvimento desses projetos se organizam em estruturas não-convencionais que buscam potencializar as vozes e contribuições dos usuários e desenvolvedores, como nos projetos Debian e Fedora²⁰ (BANSI MACHADO, 2009).

No campo da ciência, Lafuente e Estalella (2015) fundamentam a abertura na noção de bem comum, ou seja, numa forma coletiva de gerenciar os recursos materiais e imateriais. O conhecimento é construído a partir da experiência dos envolvidos, e sua validação é feita baseada nas consequências positivas que trazem para os afetados; dessa forma, a ciência não é apenas “para todos”, mas “feita por todos”; é, portanto, colaborativa (LAFUENTE; ESTALELLA, 2015). Para Albagli e Rocha (2020), a extensão dessa abertura cria formas de produção de conhecimento científico, reconhecendo, no aberto, uma participação social na ciência, tais como a Ciência Cidadã; não se resumindo, portanto, apenas ao acesso a artigos e resultados científicos.

No contexto da educação, pesquisadores da área salientam que os REA não podem ser resumidos apenas aos materiais didáticos. Por exemplo, Pretto (2012) defende que devem ser expandidos para outras tecnologias educacionais, como *softwares* e *hardwares* livres; destaca também que é crucial que sua adoção em instituições de ensino ocorra com apoio de políticas públicas e institucionais voltadas para o assunto e que a filosofia do aberto e livre deve ser incorporada em políticas públicas não só da educação, como também da cultura, da telecomunicação, da indústria, da ciência e da tecnologia. Dada a crescente integração das escolas a sistemas de controle e vigilância, a Cultura Livre na educação se apresenta como um caminho que mantém viva a possibilidade de professores e estudantes produzirem suas próprias culturas e conhecimentos; representam, portanto, uma “possibilidade emancipatória de cada indivíduo, nação ou cultura” (PRETTO, 2012, p. 106).

²⁰ O Debian e o Fedora são sistemas operacionais livres mantidos por comunidades globais de usuários e desenvolvedores. Disponível em: <<https://www.debian.org> e <https://getfedora.org>>. Acesso em: jul. 2020.

Freitas, Heidemann e Araujo (2021) complementam que o potencial emancipatório dos REA contribui para que as realidades de injustiça sejam, em certa medida, amenizadas, ou dribladas; fazem isso por aumentarem as capacidades de ação sobre o mundo – tanto nas dimensões digitais, quanto analógicas, mecânicas e biológicas – em associação com a consciência das situações de violência e engajamento na própria emancipação.

A partir da revisão e das discussões conduzidas no presente trabalho, conclui-se que se faz necessário elaborar uma discussão ampla que relacione os vários aspectos do movimento da Cultura Livre ao ensino de física e engenharias, incorporando na área visões como as brevemente discutidas nos parágrafos anteriores. Construindo, assim, uma compreensão crítica e profunda de como as Tecnologias Livres, os REA 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, de uma perspectiva pedagógica, para o aprendizado dos conteúdos e técnicas abordados, bem como para a formação de habilidades de trabalho colaborativo e práticos.

Agradecimentos

Ives Araujo agradece ao CNPq pela bolsa produtividade em Pesquisa.

Referências bibliográficas

AGOSTINHO, N. U. *et al.* Softwares livres no ensino de engenharia uma atitude socialmente justa, economicamente viável e tecnologicamente sustentável. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA, 2006, Passo Fundo Rio Grande do Sul. Anais...*

ALBAGLI, S.; CLINIO, A.; RAYCHTOCK, S. Ciência Aberta: correntes interpretativas e tipos de ação. **Liinc em Revista**, v. 10, p. 17, 2014.

ALBAGLI, S.; ROCHA, L. Ciência cidadã no Brasil: um estudo exploratório. *In: CASADO, E. S.; BORGES, M. M. (Eds.). Sob a lente da ciência aberta.* Coimbra, Portugal: Imprensa da Universidade de Coimbra, 2020.

ANDRADE, C. M. G. Software livre alguns aplicativos científicos para engenharia. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA, 2004, Brasília. Anais...*

BAMBERG, P.; RIBEIRO, C. C. Conscientização da importância do software aberto visando a autonomia tecnológica dos engenheiros civis. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA, 2004, Brasília. Anais...*

BANSI MACHADO, M. Distros e comunidades: A dinâmica interna de Debian, Fedora, Slackware e Ubuntu. *In: Software livre, cultura hacker e o ecossistema da colaboração*. São Paulo, Brasil: Momento Editorial, 2009.

BARNETO, A. G.; MARTÍN, M. R. G. Entornos constructivistas de aprendizaje basados en simulaciones informáticas. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 5, n. 2, p. 19, 2006.

BEZERRA JR., A. G. *et al.* Tecnologias livres e interdisciplinaridade na formação em engenharia – uma experiência da UTFPR. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA*, 2009, Recife, Pernambuco. **Anais...**

BEZERRA JR, A. G. *et al.* Videoanálise com o software livre Tracker no laboratório didático de Física: movimento parabólico e segunda lei de Newton. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 29, n. 1, p. 469-490, set. 2012.

BOHRER SILVA, R. *et al.* Estações meteorológicas de código aberto: Um projeto de pesquisa e desenvolvimento tecnológico. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 37, n. 1, p. 1505, mar. 2015.

CARVALHO NETO, J. T. DE; APOLINÁRIO, F. R.; SOARES, A. DE A. Sistema photogate de seis canais analógicos para laboratórios didáticos de física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 40, n. 1, 2018.

DA SILVA, C. T.; RODELLO, I. A. Elementos de motivação e barreiras na utilização de recursos educacionais abertos: um estudo entre uma instituição de ensino superior brasileira e uma alemã. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, v. 13, n. 2, ago. 2020.

DELOROSO, J. R. *et al.* Desenvolvimento de algoritmos como ferramenta de ensino-aprendizagem na área de estruturas. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA*, 2019, Fortaleza, Ceará. **Anais...**

EVANGELISTA, R. Política e Linguagem nos debates sobre software livre. *In: Software livre, cultura hacker e o ecossistema da colaboração*. São Paulo: Momento Editorial, 2009.

FOLETTTO, L. **A Cultura é Livre**: uma história da resistência antipropriedade. São Paulo, Brasil: Autonomia Literária, 2021.

FREITAS, M. DE. **Conhecimento aberto na educação em ciências e tecnologia: Um estudo para a construção de uma educação emancipatória em sociedades do conhecimento.** 2020. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

FREITAS, M. DE; HEIDEMANN, L. A.; ARAUJO, I. S. Educação em ciências na perspectiva da Teoria da Sociedade do Conhecimento de Nico Stehr. **Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 22, nov. 2020.

FREITAS, M. D.; HEIDEMANN, L. A.; ARAUJO, I. S. Educação nas Sociedades do Conhecimento: o uso de Recursos Educacionais Abertos para o desenvolvimento de Capacidades de Ação Emancipatórias. **Educação em Revista**, v. 37, p. e20857, 2021.

FURNIVAL, A. C. M.; GUIRRA, D. A. R. 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**, v. 15, n. 2, p. 469-488, abr. 2017.

FURNIVAL, A. C. M.; SILVA-JEREZ, N. S. Percepções de pesquisadores brasileiros sobre o acesso aberto à literatura científica. **Informação & Sociedade: Estudos**, v. 27, n. 2, p. 153-166, ago. 2017.

LAFUENTE, A.; ESTALELLA, A. Modos de ciencia: pública, abierta y común. *In*: ALBAGLI, S.; MACIEL, M. L.; ABDO, A. H. (Eds.). **Ciência aberta, questões abertas.** Brasília; Rio de Janeiro: IBICT; UNIRIO, 2015.

LIMA, S. **Educação, Dados e Plataformas - análise descritiva dos termos de uso dos serviços educacionais Google e Microsoft.** Iniciativa Educação Aberta, 2020. Disponível em: <<https://aberta.org.br/educacao-dados-e-plataformas/>>.

MATTA, C. E. Recursos educacionais abertos para o ensino on-line nos cursos de engenharia. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA, 2012, Belém, Pará. **Anais...**

MOREIRA, M. P. C. *et al.* Contribuições do Arduino no Ensino de Física: uma revisão sistemática de publicações na área do ensino. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 35, n. 3, p. 721-745, 18 dez. 2018.

PARRA, H. Z. M. *et al.* Infraestruturas, economia e política informacional: o caso do google suite for education. **Mediações - Revista de Ciências Sociais**, v. 23, n. 1, p. 63, jul. 2018.

PERGHER, R. D. *et al.* Rede de colaboração em educação aberta para engenheiro e arquiteto: disseminação de pesquisa sobre sustentabilidade. *In:* CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA, 2019, Fortaleza, Ceará. **Anais...**

PINTO, V. M. *et al.* Proposta de uma metodologia para aplicação de software livre no ensino de engenharia através de live cd. *In:* CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA, 2011, Blumenau, Santa Catarina. **Anais...**

PINTO, V. M. *et al.* **Uma abordagem didática sobre conservação de energia no modo de consumo em espera utilizando software livre.** *In:* CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA, 2012, Belém, Para. **Anais...**

POLON, P. E. *et al.* Softwares científicos e de engenharia livres versus proprietários. *In:* CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA, 2006, Passo Fundo, Rio Grande do Sul. **Anais...**

PRATES, T. B. *et al.* Uma análise da oficina de Arduino no FLISOL 2018. *In:* CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA, 2020, Evento On-line, Universidade de Caxias do Sul. **Anais...**

PRETTO, N. D. L. Professores-autores em rede. *In:* SANTANA, B.; ROSSINI, C.; PRETTO, N. D. L. (Eds.). **Recursos Educacionais Abertos: práticas colaborativas e políticas públicas.** 1. ed. [s.l.] Salvador: Edufba; São Paulo: Casa da Cultura Digital, 2012. p. 246.

QUEIROZ, F. P. *et al.* Ampliando o espaço laboratorial: educação em controle através de ambiente hils baseado em FOSS. *In:* CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA, 2010, Fortaleza, Ceará. **Anais...**

SOUZA, D. G. DE *et al.* Recursos educacionais abertos para o Ensino de Física: um curso de extensão para licenciandos brasileiros e colombianos. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 36, n. 3, p. 795-817, dez. 2019.

STALLMAN, R. **Software livre é ainda mais importante agora.** Disponível em: <<http://www.gnu.org/philosophy/free-software-even-more-important.html>>. Acesso em: 4 jun. 2021.

UNESCO, U. N. E. Scientific and Cultural organization. **Recommendation on Open Educational Resources (OER).** UNESCO, 25 nov. 2019. Disponível em: <http://portal.unesco.org/en/ev.php-URL_ID=49556&URL_DO=DO_TOPIC&URL_

SECTION=201.html>. Acesso em: 4 jun. 2021.

VITOI, L. A. *et al.* Desenvolvimento de uma plataforma open hardware para estudo de um carregador solar. *In:* CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA, 2014, Juiz de Fora, Minas Gerais. **Anais...**



Direito autoral e licença de uso: Este artigo está licenciado sob uma [Licença Creative Commons](#).