



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO SERTÃO
PERNAMBUCANO**
COORDENAÇÃO DO CURSO DE SISTEMAS PARA INTERNET
CURSO TECNÓLOGO EM SISTEMAS PARA INTERNET

FABRÍCIO DA SILVA FERREIRA

**A CONTRIBUIÇÃO OPEN HARDWARE NO DESENVOLVIMENTO
TECNOLÓGICO**

SALGUEIRO

2021

FABRÍCIO DA SILVA FERREIRA

A CONTRIBUIÇÃO OPEN HARDWARE NO DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a Coordenação do curso de Sistemas para Internet do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano, campus Salgueiro, como requisito parcial à obtenção do título de Tecnólogo em Sistemas para internet.

Orientador(a): Prof. Augusto Coimbra Costa Pinto.

SALGUEIRO

2021

FABRÍCIO DA SILVA FERREIRA

A CONTRIBUIÇÃO OPEN HARDWARE NO DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a Coordenação do curso de Sistemas para Internet do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano, campus Salgueiro, como requisito parcial à obtenção do título de Tecnólogo em Sistemas para Internet.

Aprovado em: 06/04/2021.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Augusto Coimbra Costa Pinto
IF Sertão PE – Campus Salgueiro

Prof. Maria Alice de Freitas Marques
IF Sertão PE – Campus Salgueiro

Prof. Francelina Rodrigues Junior Souza
IF Sertão PE – Campus Salgueiro

SALGUEIRO

2021

A Contribuição Open Hardware no Desenvolvimento Tecnológico

Fabício da Silva Ferreira¹, Augusto Coimbra Costa Pinto²

¹ Sistemas Para Internet – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano (IF SERTÃO)
Salgueiro – PE – Brazil

² Professor/Orientador – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano (IF SERTÃO)
Salgueiro – PE – Brazil.

{Ferreira, Pinto}fabricioferreira123.ff@gmail.com,
augusto.coimbra@ifsertao-pe.edu.br

Abstract: *The philosophy of Open Hardware was born from the desire to cheapen and take exclusivity from the hardware to its manufacturer. Its emergence has a lot of influence from the free software movement, and tries to apply the same concepts to the open hardware movement. This work aims to analyze and identify in the literature, which is the participation and contribution of technologies classified as open hardware in the technological creation process. For this, the research was developed in the process of reviewing the existing literature. It was possible to see the growth of projects associated with Open Hardware technologies, consequently it can be concluded that there was greater participation in the technological creation process.*

Resumo:

A filosofia do Open Hardware nasceu do desejo de baratear e tirar a exclusividade do hardware ao seu fabricante. Seu surgimento tem muita influência do movimento de software livre, e tenta aplicar os mesmos conceitos ao movimento de Hardware aberto. Este trabalho tem por objetivo analisar e identificar na literatura, qual a participação e contribuição das tecnologias classificadas como open hardware no processo de criação tecnológica. Para isso, a pesquisa foi desenvolvida no processo de revisão da literatura existente. Foi possível enxergar o crescimento de projetos associados às tecnologias de Hardware Aberto, conseqüentemente pode-se concluir que houve maior participação no processo de criação tecnológica.

1. Introdução

Nas últimas décadas houve um grande avanço no meio computacional, é possível observar também, que o processo no desenvolvimento tecnológico passou por algumas mudanças ao longo das décadas, conseqüentemente, mudando o paradigma da produção tecnológica em alguns aspectos, principalmente no que se refere ao processo produtivo da busca pela diminuição dos custos.

Atualmente as condições sociais desiguais afetam a maneira como as classes sociais têm acesso aos mais variados recursos tecnológicos. Neste sentido, para que pessoas

pertencentes a classes sociais de menor renda tenham acesso a algum recurso tecnológico, seja básico ou sofisticado, é preciso torná-los acessíveis.

Para Hung (2017), os dispositivos tecnológicos conectados à internet, já ultrapassaram os 20 bilhões até 2020 em todo o mundo, isso sem considerar os dispositivos como smartphones, computadores e similares. Mesmo que esse número pareça alto, o processo de desenvolvimento tecnológico enfrenta barreiras antigas e recorrentes em todos os setores, tais como: impostos, custos de logística, custos de matéria prima dentre outros. Desta forma, para que haja ampla difusão é preciso diminuir os custos de tais produtos.

Um dos principais problemas na produção tecnológica, como em outros setores econômicos, é o custo monetário associado ao produto, que impacta diretamente em sua disseminação. O preço final de qualquer produto deriva de variados aspectos e custos, como o de produção, transporte, logística, revenda, dentre outros. Estes são custos variáveis e intransponíveis, no entanto, os direitos associados à produção e comercialização, os chamados direitos corporativos ou patentes, têm grande influência no preço de oferta ao consumidor.

Como alternativa ao problema referente ao custo no meio tecnológico, mais especificamente na área de *Hardware*, tem sido difundido o conceito do movimento de *Hardware Aberto* ou *Open Hardware* derivado do movimento de *Software Livre* amplamente conhecido em todo o mundo.

Segundo Osier (2010), a história de sucesso do *Software Livre* inspirou o surgimento do movimento de *Hardware Aberto*. Desde a década de 90, engenheiros de todo o mundo têm tentado aplicar os conceitos de *Software Livre* ao *hardware* de computadores eletrônicos. Osier afirma que não se pode aplicar os mesmos conceitos do termo “livre” ao *hardware* por se tratar de algo físico e ter um custo associado a sua produção, além disso geralmente o *hardware* é patentado.

Normalmente o *hardware* é produzido tomando como base um projeto ou um design, para caracterizar um *hardware* como aberto, é preciso definir seu projeto ou design com uma licença aberta, conseqüentemente, com a permissão de que possam ser produzidos objetos físicos a partir dele. Existem vários projetos de *Hardware Abertos* amplamente difundidos e já consolidados no cenário mundial, a exemplos Arduino, Raspberry Pi, Power.org, OpenCores.org, Beagleboard, dentre outros.

Conforme Monteiro (2016), o ensino na área da tecnologia como a informática, robótica e afins, é corriqueiramente percebido uma certa dificuldade de aprendizagem em alguns componentes curriculares, principalmente na programação. Nesse sentido, a solução para sanar ou minimizar essa dificuldade, pode estar nas tecnologias de *Hardware* Aberto, por se tratar de recursos de baixo custo e que tem um grande potencial para reforço da aprendizagem, inserindo os aprendizes no contexto prático, o que complementa a teoria estudada em aula, conseqüentemente, estimulando o seu protagonismo no processo de ensino.

Para Schmidt (2016), no Brasil, diversos pesquisadores e instituições de ensino têm apostado em tecnologias como Arduino e Raspberry Pi para criar protótipos de projetos de acessibilidade para pessoas com deficiência. A ideia é que essas plataformas e tecnologias classificadas como *open hardware*, possibilitem a comercialização de recursos de acessibilidade de baixo custo. Conforme Schmidt, não adianta desenvolver tecnologias que promovam acessibilidade, se os recursos para tal não forem acessíveis financeiramente, nesse sentido, os recursos associados à ideia de *Hardware* Aberto ganharam grande notoriedade.

Na educação, o *Open Hardware* possibilitou grandes avanços por se tratar de uma tecnologia de baixo custo e que se torna viável ao contexto de instituições de pequeno porte ou mesmos a rede estadual e municipal de ensino. Na prototipagem, as tecnologias classificadas como *Hardware* Aberto possibilitam um novo panorama, pelo seu baixo custo e fácil acesso, bem como, por oportunizar a qualquer pessoa colocar em prática suas invenções.

Não há muitos registros na literatura atual, de estudos que possibilite identificar um panorama acerca da participação das tecnologias *Open Hardware* em meio ao processo de criação tecnológica. Desta forma, este trabalho pretende realizar um estudo de revisão acerca da participação das tecnologias classificadas como *Open Hardware* a exemplo Arduino, Raspberry e afins no desenvolvimento tecnológico por meio da prototipagem, como também, sua contribuição no processo de criação tecnológica.

2. Tecnologias de *Hardware* Aberto Ou *Open Source Hardware* (OSH)

Para Kamogawa et al (2013), quando se pensa em *Hardware* Aberto, deve-se imaginar um projeto qualquer em que todo o seu diagrama e circuitos eletrônicos estejam disponíveis livremente, e que possam ser alterados e produzidos livremente como por exemplo uma impressora 3D que atualmente existem diversos projetos disponíveis gratuitamente para que possam ser replicados. A iniciativa de compartilhar conhecimento, a exemplo do movimento de *Software* livre, poderá contribuir para o alcance de soluções de *hardwares* mais evoluídos. A inovação pode surgir de qualquer parte do mundo.

Como no movimento de *Software* Livre, a ideia de tornar o *hardware* aberto ou livre pode gerar lucros, pensando nisso o Facebook iniciou em 2011 um projeto de *Hardware* Aberto, o *Open Compute Project*, para desenvolver um computador mais flexível, eficiente e escalável para obter personalização e economia de custos (OPENCOMPUTE.ORG, 2020).

Nos últimos anos houve uma revolução no movimento de *Hardware* Aberto, perceptível em diversos lugares devido a amplitude que esta tecnologia tem alcançado. O processo de prototipagem passou a ser muito mais simples através desses *hardwares* reprogramáveis.

Para Oberloier e Pearce (2018), o projeto de *Hardware* Livre de maior sucesso é a plataforma de prototipagem eletrônica Arduino, um microcontrolador fácil de aprender que pode ser usado para desenvolvimento de uma lista crescente de aparelhos científicos, por exemplo o *Polar Bear* (câmara ambiental), *Arduino Geiger* (detector de radiação), *pHduino* (medidor de pH) *Xoscillo* (osciloscópio) e *OpenPCR* (análise de DNA) como também na impressão 3D.

Algumas das tecnologias de *Hardware* Aberto se destacam em meio às demais, como por exemplo, o Arduino e o Raspberry que são referências na temática. Isso ocorre pelo fato dessas tecnologias serem as mais difundidas e utilizadas na atualidade. Para Madeira (2017), é bastante evidente que ambas as plataformas conquistaram uma grande parcela do mercado, e são encontradas em diversas aplicações desde o desenvolvimento de projetos mais simples, transitando por trabalhos acadêmicos, e indo até soluções mais robustas, a exemplo, por serem integradas em processos industriais.

Essa popularidade dos elementos Arduino e Raspberry Pi, deve-se a vários fatores, dentre eles, a facilidade de uso no desenvolvimento de novas tecnologias, o auxílio no aprendizado e ensino, a possibilidade na integração do usuário com diversos campos de conhecimentos específicos como a eletrônica e a robótica, além disso, um dos fatores mais importante é o baixo custo.

Segundo o Centro de Competência em *Software Livre* (CCSL) da USP, o *Hardware Livre* se apresenta como o meio de distribuição de projetos de *Hardware* de forma aberta, com termos muitos semelhantes ao movimento *Open Source* que trabalha com programas e códigos, podendo ser replicado livremente. Um grande exemplo desta tecnologia é o Arduino.

Para Nunes (2014), o movimento do *Software Livre* encontra suas raízes na livre troca de conhecimentos e de pensamentos. Assim como as ideias, os programas de computador não são tangíveis e podem ser copiados sem perda. Apoiado nas quatro liberdades do *Software Livre*, sendo elas: executar, estudar, distribuir cópias e modificar, surge a definição *Open Source*, o termo seria aplicado tanto para *softwares* como também as tecnologias que tenham como princípio as quatro liberdades.

O termo *Open Source* refere-se a *softwares* que estão disponíveis na forma de código-fonte e que pode ser usado, estudado, copiado, modificado e redistribuído sem restrição, ou com restrições que apenas garantem que outros destinatários tenham os mesmos direitos sob os quais o código foi obtido (PEARCE, 2014).

Para o Olhar Digital (2016), as tecnologias *Open Source* tiveram grande influência nos avanços tecnológicos por todo o mundo, seguindo a mesma tendência, as tecnologias de *hardware* aberto embora não se possa mensurar, tenham contribuído bastante nos últimos anos para o processo de desenvolvimento tecnológicos e trouxeram grandes avanços no meio acadêmico, através de protótipos e dispositivos tecnológicos em diversos segmentos.

Os princípios abertos e colaborativos de licenciamento do *Software Livre* são facilmente transferidos para projetos de *hardware* científicos. Assim, o *Hardware Livre* e de código aberto (FOSH) é um *hardware* cujo design é disponibilizado publicamente para que qualquer pessoa possa estudar, modificar, distribuir, fabricar e vender o design ou *hardware* com base nesse design (PEARCE, 2014, p.24).

Para Bonvoisin (2017), *Open Source Hardware* (OSH) é um fenômeno relativamente jovem com projetos emergentes nas últimas décadas, embora tenha vários projetos proeminentes que utilizam-se destas tecnologias, como por exemplo RepRap, *Open Source Ecology* ou *Local Motors*. Bonvoisin defende que as plataformas de TI devem atuar na promoção do compartilhamento de dados relacionados ao produto e no desenvolvimento de produto baseado na comunidade, possibilitando o surgimento de modelos de negócios baseados em OSH. No entanto, atualmente a capacidade das comunidades fora do ambiente fechado para desenvolver produtos complexos e de alta qualidade continuam sendo um desafio, pois, a maioria dos produtos de OSH disponíveis até hoje são *gadgets* (Dispositivos eletrônicos portáteis) para amadores.

No mercado de *hardware* aberto é frequentemente utilizado “*shields*” (placas que agregam funcionalidades ao dispositivo primário como Arduino) disponíveis para inúmeras funcionalidades e que são amplamente utilizados e desejáveis para soluções *IoT* (*Internet of Things*, em português *Internet das Coisas*). A utilização de plataformas padrão, baseadas em *hardware* aberto na microeletrônica, seria uma solução viável para a construção de uma infraestrutura de *IoT* no Brasil (ARCHER, 2017).

2.1 Open Hardware e IOT (Internet das Coisas)

O conceito de *Internet Of Things* (*IoT*) ou Internet das Coisas (IdC) em português, foi inicialmente proposto por Kevin Ashton em 1999 no Instituto Tecnológico De Massachusetts (MIT) no andamento de sua pesquisa sobre RFID e sensores.

Internet das Coisas é um conceito de computação que descreve uma realidade onde objetos físicos do dia a dia estarão conectados à Internet e serão capazes de se identificar a outros dispositivos (SINGH & SINGH, 2015).

Quando se fala em *IoT*, o próprio termo já se refere a vários dispositivos (coisas) do uso do dia a dia conectado à internet transmitindo ou recebendo informações, se tratar da conexão de objetos do cotidiano a internet, os chamados dispositivos inteligentes, esta tecnologia possui infinitas aplicações em muitos nichos, abrangendo as áreas de saúde, agricultura, indústria e etc. Sendo possível interligar dispositivos como: geladeiras, fogões, cafeteiras, sapatos, relógios, óculos e uma infinidade de objetos que se deseje transformar um Objeto Inteligente (MENDONÇA, 2017).

As placas Arduino certamente proporcionaram uma grande revolução tecnológica no mundo, que por sua vez, atinge vários níveis de usuários, variando entre pessoas leigas e profissionais. Podemos citar a *IoT* como um dos temas mais ligados à utilização das placas Arduino e Raspberry, os temas estão extremamente ligados quando o assunto é facilitar a vida das pessoas, pois além de propiciar redução de custos em alguns setores, também podem ser aplicados para otimizar as tarefas rotineiras, seja em uma casa, empresa, indústria e no agronegócio (SINGH & SINGH, 2015).

Ramírez et al (2020, p.03), diz que, ao se trabalhar com Internet das Coisas, principalmente na fase de implementação de novos projetos, é essencialmente comum o uso de plataformas de baixo custo como Arduino e similares.

2.2 Arduino

O Arduino foi criado em 2005 por um grupo de cinco pesquisadores italianos com o objetivo de elaborar um dispositivo barato, funcional e fácil de programar, para que se tornasse acessível a estudantes e projetistas amadores. Pensando nisso foi adotado o conceito de *hardware* livre, o que permite qualquer um montar, modificar, melhorar e personalizar o Arduino, tendo como modelo o mesmo *hardware* básico. A placa contém um microcontrolador Atmel, circuitos de entrada/saída que podem facilmente conectar-se a um computador para inserir a programação via IDE (DANIEL & PETER, 2012). A figura 1 apresenta o Arduino, descrito pelos autores, apesar de existirem diversos tipos de Arduino, todos eles derivam deste modelo original.



Figura 1. Arduino Uno. Fonte: Arduino Foundation

Atualmente, o Arduino possui uma grande popularidade, sendo utilizado em diversas aplicações, não somente na área eletrônica, mas até mesmo na área artística, educação, lazer etc., e possui também várias comunidades de usuários, no mundo todo, compartilhando conhecimentos sobre o *hardware* (MONTEIRO, 2016).

Para Queiroz (2018), o Arduino facilita a programação, através de instruções da própria linguagem, do mesmo modo facilita a utilização do *hardware* devido ao formato da sua plataforma. Para o autor, o Arduino que é simples, pode se tornar em uma placa mais completa através módulos de expansão incorporando conexões e funções a placa, permitindo conexão à *ethernet*, *wireless*, GSM, comunicação RF (Radiofrequência) entre outras, estendendo o alcance da aplicação em que o Arduino está inserido.

Segundo Alves et al (2013), a plataforma de *hardware* Arduino, está sob a filosofia do *Open Hardware*, possibilitando que pessoas não especialistas em programação e/ou em eletrônica, possam criar aplicações de objetos e ambientes interativos. Desta forma, o projeto Arduino visa tanto a criação de um *hardware* de fácil manuseio detendo os recursos necessários para trabalhar no mundo digital e analógico, quanto inserir um *software* de desenvolvimento acessível para a programação dos projetos interativos.

Foram encontrados na literatura diversos trabalhos que propõe o uso da plataforma Arduino como ferramenta para a criação tecnológica, para melhor contextualizar serão abordados alguns trabalhos a seguir.

Botke (2014), propõe a utilização do Arduino para o desenvolvimento de um projeto de automação residencial com aplicação web integrado com Arduino. Em seu trabalho Botke utilizou o microcontrolador Arduino em conjunto com a *Shield Ethernet* para o controle dos equipamentos da residência e o *framework JavaServer Faces* para o desenvolvimento da aplicação *web*. Foi possível automatizar e monitorar alguns dispositivos da residência como as luzes, condicionadores de ar e janelas. Os resultados obtidos permitem inferir que a tecnologia adotada foi adequada aos propósitos estabelecidos.

Azevedo (2017), desenvolveu um protótipo de luvas que traduz a Língua Brasileira de Sinais (LIBRAS) para a língua portuguesa escrita como também a sintetização em voz. A implementação ocorreu utilizando placas Arduino e Raspberry para fazer a comunicação da luva com o *software* que faz o processamento de sinais recebidos. A luva contém 20 sensores distribuídos nas regiões das articulações e nas pontas dos dedos, foi utilizado uma aplicação

Java para o reconhecimento de voz. O protótipo se mostrou eficiente, porém, se limita a reconhecimento de gestos simples e letras.

2.3 Raspberry

Há uma discussão na comunidade de *Hardware* Aberto e *Software* Livre sobre a inclusão das placas Raspberry no movimento de *Hardware* Aberto. Apesar dessa discussão ser bastante relevante, esse trabalho se limita à abordagem sobre a aplicabilidade, popularidade e qual a contribuição das placas Raspberry no meio tecnológico e acadêmico, por se tratar de um *hardware* de baixo custo, e que se faz presente em diversas áreas.

Raspberry Pi é uma série de computadores de placa única de tamanho reduzido, lançada em 2012, criada por uma equipe de pesquisadores britânicos, que fundaram a *Raspberry Pi Foundation* - uma empresa sem fins lucrativos para produzir o Raspberry Pi. A ideia surgiu a partir da observação da dificuldade de alguns alunos no curso de ciência da computação em meados de 2005. Este fato motivou o desenvolvimento de um microcomputador que motivasse o aprendizado dos alunos com um aspecto simples, divertido, flexível e de baixo custo que fosse atrativo para crianças e adolescentes (RASPBerry PI Foundation, 2020). Observe na figura 2 um exemplo de Raspberry Pi.



Figura 2. Raspberry Pi. Fonte RASPBerry PI Foundation

Para Frutuoso (2017), atualmente os minicomputadores se tornaram ferramentas muito importantes para o desenvolvimento de protótipos. Um dos mais utilizados e conhecidos hoje é o Raspberry Pi, chamados comumente de plataformas computacionais físicas ou embarcadas, sendo possível a interação do sistema com o ambiente através de *hardware* e *software*. Esta ferramenta torna-se bastante relevante pelo fato de oferecer maior

praticidade para criação de protótipos, relacionando a linguagem de programação, eletrônica, robótica, além de um custo bastante acessível que pode ser aplicado para diversas áreas como educação, saúde, indústrias e outros.

Almeida et al (2017), propôs a utilização do Raspberry Pi como solução de baixo custo para implementar um laboratório portátil com múltiplas aplicações, podendo ser utilizado tanto no ensino básico quanto no ensino superior. Foi utilizada a placa Raspberry Pi 3 para a montagem dos experimentos. O trabalho permitiu realizar uma série de experimentos de forma eficiente com materiais de baixo custo e de simples manuseio, como por exemplo o cálculo de trajetória de um pêndulo com o uso de um LDR com precisão e compatibilidade com resultados de outros equipamentos mais sofisticados.

Santos (2016), desenvolveu um trabalho para o ensino de música mediado pelas Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) utilização do dispositivo Raspberry Pi (RPI). O estudo também utilizou o *software* de produção musical *Sonic Pi*; um *software* de código livre e gratuito, que foi desenvolvido com o objetivo de ser utilizado, juntamente com RPI, para o ensino musical. Pelos relatos do autor, ficou evidente os pontos positivos da pesquisa em relação aos aspectos da educação musical, tais como: improvisação, composição, manufatura de instrumentos eletrônicos, interação com outras tecnologias e o contato com programação em tempo real durante as performances. Ainda de acordo com o autor citado, um dos principais obstáculos para a implementação de projetos envolvendo tecnologias na educação, no cenário educacional brasileiro, está relacionado às questões financeiras.

3. Metodologia

O método adotado para o desenvolvimento da Revisão da Literatura segue a sequência de passos a seguir: a) no primeiro momento, foi definido a finalidade, o período de estudo e o contexto da pesquisa; b) no segundo momento, por meio das fontes de pesquisas que foram selecionadas, buscou-se as publicações; os resultados obtidos foram submetidos a aplicação de critérios de inclusão e exclusão com o objetivo de filtrar os mesmos, permitindo que apenas publicações compatíveis com o objeto da pesquisa fossem selecionadas; c) o próximo passo, foi a extração dos dados, onde foi realizada a análise do conteúdo das publicações, estabelecendo critérios para avaliação e seleção dos trabalhos com dados relevantes para a pesquisa; d) o último passo, foi a análise para extração dos dados que foram tabulados, gerando informações necessárias para a síntese do “estado da arte” do objeto da pesquisa.

A pesquisa bibliográfica foi operacionalizada mediante a busca eletrônica de artigos indexados em bases de dados como o Google Acadêmico, Sumários.org e Portal de Periódicos da Capes. As palavras-chave usadas foram: *Open Hardware*, *Hardware Livre*, *Hardware Aberto*, *Open Source Hardware*, *Arduino*, *Raspberry Pi* e *IoT*. As consultas incluíram publicações entre 2010 e 2021.

A amostra inclui publicações de artigos indexados em periódicos, selecionados a partir de uma leitura prévia dos resumos, que seguiu os seguintes critérios para inclusão:

- a) Veículo de publicação - optou-se pelos periódicos indexados, uma vez que são órgãos de maior divulgação e de fácil acesso para os pesquisadores;
- b) Idioma de publicação - artigos publicados na íntegra em língua inglesa ou portuguesa;
- c) Ano de publicação - foram selecionados artigos publicados entre 2010 e 2021;
- d) Modalidade de produção científica - foram incluídos trabalhos completos e resumo relacionados ao tema;
- e) Referências que abordam as tecnologias de prototipagem abertas, tecnologias de baixo custo, referências que tiveram pertinência com o tema, tendo como critério norteador do estudo o enfoque na análise das tecnologias abertas usadas para desenvolvimento tecnológico.

Primeiramente, objetivou-se verificar a incidência de artigos publicados entre 2010 e 2021 em revistas indexadas na base de dados, sobre o tema *Open Hardware*. Para tanto, foram utilizados os cruzamentos dos descritores (palavras-chave) relacionados ao tema.

Foi realizado um levantamento preliminar através da leitura dos títulos em seguida a leitura seletiva dos resumos encontrados. Depois, foram recuperados os artigos originais (selecionados), constituindo corpo que delimitam o material de análise. Com os artigos selecionados, foi feita a leitura integral de cada trabalho, a identificação das ideias-chave e a síntese dos resultados.

Os trabalhos que mais se adequaram aos critérios definidos, compuseram o corpus da revisão elaborada através de uma análise descritiva e de uma síntese do que os autores encontraram. Em seguida, foi levantado os temas que emergiram da leitura e análise de todos os artigos para compor este trabalho.

4. Resultados e Discussões

Foram encontrados 214 artigos publicados no período considerado (janeiro de 2010 a março de 2021) na filtragem inicial. Após leitura dos títulos, foram descartados os artigos cuja abordagem não tinham relação com a temática, totalizando 97 artigos restantes. Em seguida, foi feita a leitura dos resumos e novamente desconsiderados trabalhos cujo objetos do estudo não pertenciam ao escopo do trabalho, bem como, os de estudos repetidos. Após esta etapa, foram recuperados 43 trabalhos.

Após a leitura analítica das publicações recuperadas, onde foi analisada a pertinência com tema, para esta etapa e seguimento com os resultados obtidos, foi considerado que somente 24 artigos tinham relevância para este trabalho, perfazendo assim uma amostra desta pesquisa. Dos artigos analisados, 75% foram publicados em português e os 25% restantes utilizaram o idioma inglês, respectivamente 18 e 6 artigos. A figura 3 faz a relação entre a quantidade e o ano das publicações utilizadas para compor este trabalho.

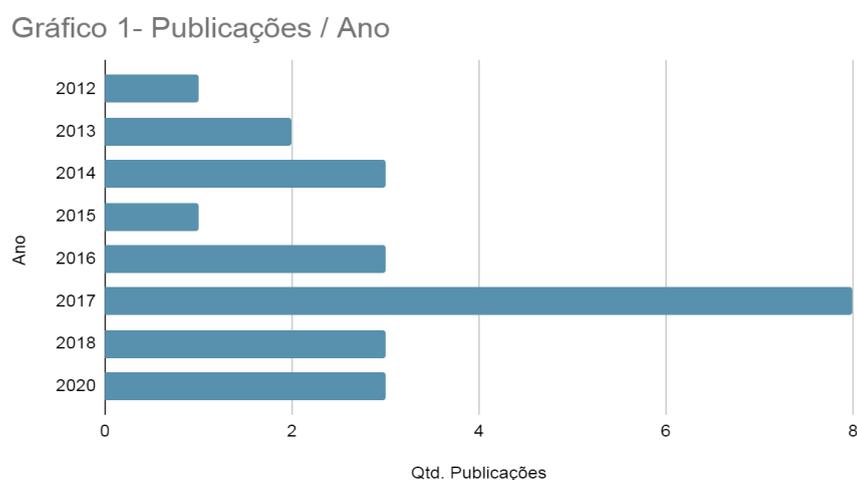


Figura 3 – Gráficos das publicações por ano Fonte: Elaborado pelos autores, 2021

Considerando que um dos objetivos da pesquisa era investigar o uso das plataformas Arduino e Raspberry PI em meio ao processo de criação tecnológica, verificou-se que 22 publicações fazem referência ou utilização destas plataformas para desenvolvimento do trabalho, 15 artigos citam o Arduino, 5 citam as placas Raspberry e 2 citam ambas.

Analisando os trabalhos de Almeida (2017), Azevedo (2017), Santos (2016) e Frutuoso (2017), que utilizaram a Raspberry PI, deduz-se que a escolha da plataforma se deu

pela capacidade de armazenar, hospedar e controlar o que foi desenvolvido dentro da mesma, pois a RPi trata-se de um minicomputador mais potente e versátil que o Arduino.

Pela análise dos trabalhos que fazem o uso do Arduino, como Botke (2014), Alves (2013), Kamogawa (2013), Monteiro (2016) e Oberloier (2020), pode-se constatar, pela abordagem, análise dos resultados e argumentos usados pelos autores ao longo dos trabalhos, que o Arduino foi escolhido pelo baixo custo, acessibilidade, simplicidade e facilidade de uso. É possível perceber também que essas placas obtiveram êxito na função desempenhada.

Considerando o cenário atual, percebe-se que o mundo enfrenta uma pandemia global sem precedentes, com escassez de recursos e equipamentos médicos essenciais. Pearce (2020), enxerga o *Open Hardware* como uma alternativa viável para a produção de equipamentos médicos, para o enfrentamento de futuras pandemias. O mesmo autor aponta em seu estudo feito em parceria com o governo Indiano, que os resultados mostram que a maioria dos produtos médicos reais tem algum desenvolvimento de código aberto, no entanto, apenas 15% das tecnologias de suporte necessárias para produzi-los estão disponíveis gratuitamente.

O grande número de dispositivos inteligentes conectados à internet citados por Hung (2017), está diretamente relacionado ao crescimento da *IoT*, e que Segundo Archer (2017) e Ramírez et al (2020, p.03), estão também associados às tecnologias *Open Source Hardware*.

Bonvoisin (2017) e Archer (2017), concluem nos seus trabalhos que apesar da crescente evolução, a maioria das tecnologias disponíveis até hoje produzidas com *Hardware Aberto* são *gadgets* para amadores, destacando que capacidade das comunidades fora do ambiente fechado para desenvolver produtos complexos e de alta qualidade continuam sendo um desafio.

Através da análise dos trabalhos foi possível enxergar o crescimento de projetos associados às tecnologias de *Hardware Aberto*, conseqüentemente pôde-se inferir que houve maior participação no processo de criação tecnológica. Embora se façam presentes em diferentes setores e diversos contextos, não foi possível obter dados que se possa fazer uma análise quantitativa referente à participação do *Hardware Aberto* no processo de criação tecnológica.

5. Considerações finais

Este trabalho teve como objetivo principal, a análise de informações inerentes ao tema de tecnologias de *Hardware* Livre. Assim, identificando qual o panorama de atuação, no contexto de desenvolvimento tecnológico de baixo custo, e compor uma narrativa para destacar sua participação no processo de criação tecnológica. Para isso, esta pesquisa foi desenvolvida no processo de revisão narrativa da literatura existente, fazendo uma análise das publicações científicas na área escolhida.

Foi possível perceber, que as plataformas de *Hardware* Aberto, disponibilizam um conjunto de ferramentas que tornam possível, de forma simplificada, dinâmica e integrável, a realização de um projeto tecnológico, que proporcionam atividades de amadurecimento da inovação, o exercício da criatividade, e recursos para a prática de estudos que aprimorem as habilidades voltadas à lógica e à tecnologia. Esses artefatos tecnológicos, são bastantes empregados em diversos estudos acadêmicos, como por exemplo, em projetos de acessibilidade, na robótica, automação e no ensino, por se tratar de algo com uma vasta aplicabilidade e uma gama de recursos úteis, com um custo mínimo, e ao mesmo tempo, permite que pessoas mesmo que não sejam especialistas na área, também desenvolvam tecnologia.

Assim como o movimento de *Software* Livre, o movimento ou filosofia de *Hardware* Aberto pode vir a se tornar um modelo de negócio, levando em consideração a redução de custos e o benefício de ter toda uma comunidade trabalhando num produto, disponibilizar um *hardware* abertamente pode ser muito produtivo e pode contribuir para o surgimento de hardwares muito mais evoluídos e completos.

É evidente, que o movimento *Open Hardware* tornou o processo de produção tecnológica mais democrática e acessível. No entanto, é difícil mensurar a quantidade de projetos que usam a arquitetura *Open Hardware*, pelo fato de existirem diversas aplicações possíveis e em áreas distintas. Este trabalho permitiu obter uma visão entusiasta do movimento de *Hardware* Aberto, pois ao mesmo tempo que é difícil mensurar quantitativamente, o estudo permitiu enxergar a larga abrangência dessa tecnologia, transitando em diversas áreas do conhecimento e contribuindo ativamente no processo de desenvolvimento tecnológico.

REFERÊNCIAS

ARCHER, Renato. HARDWARE ABERTO PARA INOVAÇÃO EM IOT. 11º Congresso Brasileiro de Inovação e Gestão de Desenvolvimento do Produto. São Paulo. 2017.

ALVES, Rafael Machado et al. Uso do hardware livre Arduino em ambientes de ensino-aprendizagem. Jornada de Atualização em Informática na Educação, v. 1, n. 1, p. 162-187, 2013.

ALMEIDA, Thiago Corrêa; DE CARVALHO DIAS, Eugênio; DA SILVA JULIÃO, Amanda. Um laboratório portátil de baixo custo: medição de g utilizando um pêndulo e a placa Raspberry Pi. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, 2017, 34.2: 590-602.

AZEVEDO, Matheus Ribeiro Souza, et al. LuBraS: Uma Arquitetura de comunicação Libras-Língua Portuguesa Utilizando Controle de Voz. Mostra Nacional de Robótica. 2017.

BONVOISIN, J et al. What is the “Source” of Open Source Hardware? Journal of Open Hardware. 2017. 1(1): 5, pp. 1–18. DOI:<<https://doi.org/10.5334/joh.7>>.

BOTKE, Daniel Ponick. Automação de residências através de aplicação integrada com Arduino. 2014.

CCSL (Centro de Competência em Software Livre USP). Hardware Livre Venha Descobrir. Disponível em: <<http://ccsl.ime.usp.br/pt-br/noticias/2014/02/nao-sabe-que-e-hardware-livre-venha-descobrir-no-ccsl#:~:text=O%20Hardware%20Livre%20apresenta%20se,trabalha%20com%20programas%20e%20c%C3%B3digos>>. Acesso em: 11 de fevereiro de 2021.

DANIEL K, Fisher; PETER J, Gould. Open-source hardware is a low-cost alternative for scientific instrumentation and research. Modern instrumentation, v. 2012, 2012.

FRUTUOSO, Eduarda Botelho et al. ARDUINO® E RASPBERRY PI®: UMA COMPARAÇÃO DE ESPECIFICAÇÕES E APLICAÇÕES DE MINICOMPUTADORES. Mostra Nacional de Iniciação Científica e Tecnológica Interdisciplinar. 2017.

HUNG, M. Leading IoT: Gartner Insights on How to Leading a Connected World. Gartner, 2017.

KAMOGAWA, Marcos Y.; MIRANDA, Jeová Correia. Uso de hardware de código fonte aberto " Arduino" para acionamento de dispositivo solenoide em sistemas de análises em fluxo. Química Nova, v. 36, n. 8, p. 1232-1235, 2013.

MADEIRA, Daniel; A relevância das das plataformas Arduino e Raspberry-pi na atualidade. 2017. Disponível em: <<https://www.usinainfo.com.br/blog/arduino-vs-raspberry-pi-qual-a-diferenca/>>. Acesso em: 10 de janeiro de 2021.

MENDONÇA, Cláudio Márcio Campos; DE ANDRADE, António Manuel Valente; NETO, Manoel Verasde Sousa. Uso da IoT, Big Data e inteligência artificial nas capacidades dinâmicas. *Revista Pensamento Contemporâneo em Administração*, 2018, 12.1: 131-151.

MONTEIRO, David et al. Uma Experiência do Uso Do Hardware Livre Arduino no Ensino De Programação De Computadores. In: Anais do Workshop de Informática na Escola. 2016. p. 51.

NUNES, Carlos Jorge Lemos et al. Solução de Business Intelligence utilizando tecnologias Open Source. 2014. Disponível em:

<<http://www.rcaap.pt/detail.jsp?id=oai:repositorio-aberto.up.pt:10216/71364>>. Acesso em: 18/03/2021.

OBERLOIER, Shane; PEARCE, Joshua M. General design procedure for free and open-source hardware for scientific equipment. *Designs*, v. 2, n. 1, p. 2, 2018. Ebook. Disponível em: <https://www.gartner.com/imagesrv/books/IoT/IoTEbook_digital.pdf>. Acesso em: 23 de dezembro de 2020.

OPEN COMPUTE, Conheça a plataforma de Hardware aberto. 2020. Disponível em: <<https://www.opencompute.org>>. Acesso em: 21 de Fevereiro de 2021.

PEARCE, J. M. *Open-Source Lab: How to Build Your Own Hardware and Reduce Research Costs*. Waltham: Elsevier, 2014.

PEARCE, Joshua M. Distributed manufacturing of open source medical hardware for pandemics. *Journal of Manufacturing and Materials Processing*, v. 4, n. 2, p. 49, 2020. DOI: <<https://doi.org/10.3390/jmmp4020049>>.

QUEIROZ, Wagner Rodrigues de Oliveira, SOUSA, Wanderson Quaresma. A Importância Da Plataforma Arduino No Meio Acadêmico. *Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento*. Ano 03, Ed. 08, Vol. 12, pp. 123-133, Agosto de 2018. ISSN:2448-0959

Ramírez, J., Fernández-Ahumada, L. M., Fernández-Ahumada, E., & López-Luque, R. (2020). Monitoring of temperature in retail refrigerated cabinets applying IoT over open-source hardware and software. *Sensors*, 20 (3), 846.

RASPBERRY PI. Página Oficial do Raspberry Pi. Disponível em:<<https://www.raspberrypi.org/about/>>. Acesso em: 22 janeiro. 2021.

SANTOS, Alexandre Henrique. *Aprendizagem Musical Na Era Digital: Uma Proposta De Acesso De Baixo Custo a Partir Do Raspberry Pi e Sonic Pi*. NICS Reports, 2016, 17.

SCHMIDT, Sarah. Pesquisadores apostam no open hardware para criar tecnologias de acessibilidade de baixo custo. *Revista Eletrônica De Jornalismo Científico*. No.184. 2016. Disponível em: <<https://www.comciencia.br/comciencia/handler.php?section=8&edicao=120&id=1457&tipo=0>>. Acesso em: 19 de fevereiro de 2021.

SINGH, Sachchidanand; SINGH, Nirmala. Internet das Coisas (IoT): Desafios de segurança, oportunidades de negócios e arquitetura de referência para E-commerce. In: *2015 Conferência Internacional sobre Computação Verde e Internet das Coisas (ICGCIoT)* . IEEE, 2015. p. 1577-1581.