

O controlador lógico programável (CLP) sob licença de *hardware* livre: O futuro dos projetos de automação industrial?

Autores: Marcos Alfred Brehm; Rafaela Scaciota Simões da Silva

Resumo

O objetivo do presente artigo é avaliar oito exemplos de sistemas desenvolvidos para o segmento de *hardware* industrial, especificamente na área de CLPs (controladores lógicos programáveis), e baseados em sistemas de *hardware* livre, que assim se afastam da lógica capitalista tradicional para caminhar em direção a novas formas de desenvolvimento, fortemente baseadas na liberdade e no trabalho coletivo. Inicialmente o trabalho traz alguns conceitos de IoT, i4.0 e movimento *open source*, para então elencar e passar a levantar maiores informações sobre as nove iniciativas encontradas, que são comparadas entre si na sequência do texto. Os resultados demonstram que os sistemas de automação industrial baseados em plataformas de *hardware* livre estão ganhando espaço nos últimos anos, e que é possível desenvolver sistemas de automação sob uma lógica de desenvolvimento e utilização alternativa, que opera com métodos menos restritivos e muito mais colaborativos, e, portanto, bastante alinhados a conceitos modernos como *user innovation*, *open innovation*, *Living Labs*, ou *industrie 4.0*. No entanto estes novos métodos também devem estar acompanhados de mudanças comportamentais e culturais da equipe responsável.

Palavras Chave:

CLP, IoT, código livre, Arduino, indústria.

Abstract

In this article, there are eight examples of systems developed for the industrial hardware segment, specifically in the area of PLCs (Programmable Logic Controllers). All PLCs are based on free hardware systems, which move away from traditional capitalist logic to move towards new forms. Initially the work brings some concepts of IoT, i4.0 and open source movement, then list and start to gather more information about the nine initiatives found, which are compared to each other following the text. The results show that open-source platform-based industrial automation systems are gaining ground in recent years, and that automation systems can be developed under an alternative development and use logic that operates with less restrictive and much more collaborative methods, and therefore closely aligned with modern concepts such as user innovation, open innovation, Living Labs, or industrie 4.0. However, these new methods must also be accompanied by behavioral and cultural changes by the staff in charge.

Key Words:

PLC, IoT, open source, Arduino, industry

1. Introdução

Em entrevista (KURATKO, 2017), Steve Case, fundador e ex CEO da AOL (*America OnLine*) afirma que por volta da segunda metade da década de 80 ninguém sabia o que era exatamente a *internet* ou se preocupava muito com isso, e, portanto, a “primeira onda” da *internet* poderia ser resumida a “conseguir que todos pudessem estar *online*”. A “segunda onda” da *internet* estaria centrada em aplicativos que podem ser executados sob a infraestrutura da

internet, tais quais *Facebook*, *Twitter*, *Snapchat*, etc., que implicaram na monetização dessas idéias, se espalharam viralmente e teriam tornado o *Silicon Valley* tão forte.

Já a “terceira onda”, que se inicia a partir da segunda década do novo século, se relaciona a como a *internet* pode se integrar mais plenamente na vida diária das pessoas. Por exemplo, o papel que a tecnologia pode desempenhar para ajudar uma pessoa a permanecer saudável, aprender de forma mais eficiente, comer melhor ou economizar energia, de forma a tornar as coisas mais personalizadas e adaptáveis. Tanto as cidades quanto as formas de aprendizagem terão que ser repensadas: Aspectos fundamentais da vida cotidiana, da sociedade e das empresas que impulsionam a economia já estão trabalhando fortemente nesta “terceira onda”, motivo pelo qual alguns já passam a se referir a este tema como “Internet de tudo” (*Internet of Everything*) e não mais como “*internet* das coisas” (*Internet of the Things*, ou *IoT*). (KURATKO, 2017)

Na área da indústria, o conceito de *IoT* está fortemente relacionado ao conceito de indústria 4.0 (*indústria 4.0* ou *i4.0*), utilizado pela primeira vez em 2011 na feira de Hannover (LOM et al., 2016 p.1). A *i4.0* poderia também ser definida como uma evolução dos sistemas embarcados (principalmente através da conexão à *internet* possibilitada por dispositivos *IoT*) e supõe uma quarta revolução industrial iniciada no século 21. As quatro grandes revoluções industriais estariam divididas ao longo do tempo da seguinte forma: (GTAI, 2014 p.3) (MORAES, 2016 p.23)

- i. A primeira revolução industrial teria ocorrido por volta de 1770, com o surgimento dos equipamentos movidos a vapor de carvão e do tear mecânico, que possibilitaram um grande aumento de produção;
- ii. A segunda revolução industrial teria ocorrido entre o final do século 19 e início do século 20, e teria sido marcada pelo surgimento de motores elétricos (bem mais eficientes e menores) e da produção em massa e divisão do trabalho no que ficou conhecido como “linha de produção”;
- iii. A terceira revolução industrial se refere a revolução surgida na década de 1970, quando se propaga a utilização de ferramentas eletrônicas e de automação na indústria, ressaltando-se o CLP (controlador lógico programável);
- iv. Por fim, a quarta revolução industrial é definida como a época atual, quando começam a surgir sistemas de manufatura avançada, onde cada vez mais as máquinas passam a operar de forma autônoma.

Para Boaventura de Souza Santos (SANTOS, B. de S., 2002), a melhor saída para grupos humanos marginalizados e menos favorecidos passa pela cooperação e pelo fortalecimento das redes de apoio mútuo e dos tecidos sociais. Santos ressalta a necessidade de criação de mecanismos que possam se projetar como possibilidades concretas do que o autor chama de “alargamento do presente e contração do futuro”, e indica uma expansão das possibilidades no presente que acarretam em uma antecipação das consequências futuras, interpretada como uma espécie de contração temporal àqueles que possuem esta expansão das possibilidades.

Neste contexto, o objetivo do presente artigo é avaliar alguns exemplos de sistemas desenvolvidos para o segmento de *hardware* industrial, especificamente na área de CLPs (controladores lógicos programáveis), que acabam por se distanciar da lógica capitalista tradicional, tanto ao difundirem estas plataformas de controle industrial de alto desempenho sob licenças livres, dando a possibilidade para que qualquer pessoa consulte, examine ou modifique o produto; quanto ao disponibilizarem à venda *online* estes sistemas a custos bastante reduzidos em relação aos sistemas tradicionais. Trata-se, portanto, de um artigo exploratório, onde as iniciativas elencadas serão apresentadas e comparadas para, por fim, se tecerem

algumas considerações finais acerca do potencial de uso destes sistemas nas indústrias do futuro.

O CLP é um equipamento cuja propagação nas indústrias remonta a década de 1970, e é ainda hoje a tecnologia de controle de processos mais utilizada na indústria. Este equipamento é uma espécie de computador industrial que pode ser programado para executar certas funções de controle, e substituíram os circuitos convencionais de controle baseados em relés por apresentarem vantagens como a facilidade de reprogramação e instalação, possibilidade de controle de alta velocidade, compatibilidade de rede, possibilidade de verificação de defeitos e alta confiabilidade. (PETRUZELLA, 2014 p.1-3)

2. A Cultura do Código Livre Encontra os Sistemas Embarcados

Grande parte dos CLPs utilizados atualmente na indústria são fabricados por grandes empresas multinacionais e têm alto custo, além de não contarem com a possibilidade de se modificar *hardware* ou *software*. Entretanto, iniciativas que buscam difundir a tecnologia já disponibilizam versões “livres” destes equipamentos. Neste capítulo será abordado o conceito de *open source* e o conceito de *hardware* livre (*open source hardware*).

2.1 Software Livre e movimento Open Source

Richard Stallman é programador e trabalhou no Laboratório de Inteligência Artificial (*Artificial Intelligence Lab - AI Lab*) no Instituto de Tecnologia de Massachussets (*Massachusetts Institute of Technology - MIT*) na década de 1970 e no início dos anos 80 (FOGEL, 2017). Por não querer escrever códigos que futuramente seriam bloqueados para uso comum o mesmo iniciou o Projeto GNU e a *Free Software Foundation*.

O desenvolvimento de um sistema operacional completamente livre e aberto e *softwares* aos quais os usuários poderiam livremente compartilhar modificações era o objetivo do Projeto GNU. Com a *Free Software Foundation* o programador conseguiu aprovar uma licença de direitos autorais que garante que o código que ele fez será livre para sempre. Esta licença afirma que o código pode ser editado e modificado sem nenhuma restrição.

Sendo assim, com a ajuda de diversos programadores que compartilhavam da mesma ideia que Stallman, iniciou-se o projeto GNU. Entretanto, por dificuldades encontradas ao longo do projeto, houve um atraso na produção do sistema operacional livre, fazendo com que um estudante finlandês de Graduação de Ciências da Computação, Linus B. Torvalds, colocasse a disposição o primeiro sistema operacional totalmente livre, chamado de Linux.

Um *software* livre não significa que o mesmo não é comercial. Independe de como se teve acesso a este *software*, sempre se deverá ter a liberdade para copiá-lo e muda-lo e até vender cópias do mesmo. Segundo a *Free Software Foundation* (GNU, 2019) um *software* livre deve possuir quatro liberdades essenciais, sendo estas:

- A liberdade de executar o programa como você desejar, para qualquer propósito.
- A liberdade de estudar como o programa funciona, e adaptá-lo às suas necessidades. Para tanto, acesso ao código-fonte é um pré-requisito.
- A liberdade de redistribuir cópias de modo que você possa ajudar outros.
- A liberdade de distribuir cópias de suas versões modificadas a outros. Desta forma, você pode dar a toda comunidade a chance de beneficiar de suas mudanças. Para tanto, acesso ao código-fonte é um pré-requisito.

Criou-se em 1998, em Palo Alto (Califórnia), o termo *open source* (código aberto) após o anúncio do lançamento do código fonte Netscape por uma coligação de programadores que formaram a *Open Source Initiative* (OSI) a fim de aumentar a receptividade de um *software* livre pelas indústrias de desenvolvimento de *software* e pelo mercado consumidor (OSI, 2019).

Foram definidos dez requisitos a fim de considerar que um *software* seja considerado *open source*:

1. Distribuição livre;
2. Acesso ao código-fonte;
3. Permissão para criação de trabalhos derivados;
4. Integridade do autor do código-fonte;
5. Não discriminação contra pessoas ou grupos;
6. Não discriminação contra áreas de atuação;
7. Distribuição da licença;
8. Licença não específica a um produto;
9. Licença não restritiva a outros programas;
10. Licença neutra em relação à tecnologia.

2.2 Hardware Livre

O conceito de IoT (recorrente em trabalhos relacionados à cidades e indústrias inteligentes) trouxe para o mercado um conjunto de soluções de *hardware* e *software* inovadoras, muitas destas com grande potencial de mercado. Um bom exemplo seriam as novas iniciativas inspiradas na cultura *Open Source* (cultura do código livre, ou CCL), porém no campo de *hardware*, que surgiram a partir de uma iniciativa italiana de 2005 intitulada *Arduino* (2019). O *Arduino* é uma plataforma de computação física para construção de protótipos que possui como características: baixo custo, possibilidade de conexão de sensores e atuadores a sistemas lógicos digitais cuja programação se faz mediante um IDE (*Integrated Development Environment* ou ambiente de desenvolvimento de *software*) de licença livre e baseado em C/C++, uma linguagem de programação de alto nível. (ARDUINO, 2019)

Seguindo o sucesso do *Arduino*, várias plataformas baseadas na mesma ideia geral, intituladas de *open hardware* (ou *hardware* livre), se multiplicaram nos últimos anos e atualmente permitem que pessoas sem grandes conhecimentos de eletrônica possam desenvolver sistemas de controle, automação e comunicação cada vez mais complexos e de grande desempenho de processamento, comunicação, etc. Entre as diversas plataformas disponíveis no mercado, ressalta-se ainda a plataforma *Raspberry Pi* (2019), de maior performance computacional que os modelos tradicionais da iniciativa *Arduino*, e que além das funcionalidades típicas do *Arduino*, ainda pode funcionar como um computador *desktop* “comum”, rodando *Linux*.

Estas plataformas de *hardware* livre estão permitindo que produtos tecnológicos que até poucos anos atrás eram restritos a médias e grandes indústrias em função do custo possam ser oferecidas também a pequenas empresas, como é o caso do CLP, mote do presente artigo. Este equipamento é considerado um marco tecnológico da terceira revolução industrial, (GTAI, 2014 p.3) (MORAES, 2016 p.23) e até poucos anos atrás era comercializado apenas por grandes multinacionais do ramo, mas agora começa a ser oferecido também em versões baseadas em plataformas *open source* e com funcionalidades IoT por preços mais baixos que os modelos convencionais.

Além de projetos parecidos e baseados em modelos de negócio análogos ao modelo utilizado pelo *Arduino*, ressalta-se também a criação das plataformas de desenvolvimento da Intel, um dos maiores fabricantes de chips eletrônicos do mundo, que desenvolveu, entre outras, a *Galileo Board*, uma plataforma de alta performance, mas que amargou um fracasso de mercado: teve a linha inteiramente descontinuada pelo fabricante (INTEL, 2019), o que evidencia tanto o interesse de grandes *players* neste mercado quanto a dificuldade destes em operar em uma lógica de mercado diferente da lógica capitalista usual.

3. CLPs Open Source Utilizados na Indústria

Neste capítulo serão relacionadas oito iniciativas de plataformas que oferecem soluções de automação industrial baseadas no conceito *open source* e suas principais características.

3.1 Industrial Shields

A empresa oferece uma família de produtos baseados em CLPs industriais utilizando como base a plataforma *Arduino*, e ainda um modelo de *Pannel PC* baseado na plataforma *Raspberry Pi*. Os produtos são utilizados como solução para a automação industrial baseada em *hardware open source*. (INDUSTRIAL SHIELDS, 2019) Na Figura 1 é possível observar, a título ilustrativo, um modelo de CLP da empresa com 58 portas, que podem ser configuradas como entradas ou saídas.



Figura 1 – Exemplo de CLP da empresa *Industrial Shields*, com 58 entradas/saídas. Fonte: INDUSTRIAL SHIELDS, 2019

Existem alguns tipos de *softwares* compatíveis com esta arquitetura, todos gratuitos. Estes *softwares* são: (INDUSTRIAL SHIELDS, 2019)

- *Arduino IDE*;
- *Node-RED*;
- *Soapbox Snap*;
- *OPC Server*;
- *RapidScada*.

3.2 Controllino

Controllino pode ser descrito como um *Arduino* industrializado. Ele combina a flexibilidade e a natureza de código aberto do ecossistema *Arduino* com a segurança e a confiabilidade dos CLPs de nível industrial. (CONTROLLINO, 2019) Na Figura 2 é possível ver um modelo de CLP da empresa, baseado no circuito integrado ATmega2560, com 24 portas de saída digitais e 21 portas analógicas, que podem ser configuradas como saídas ou entradas.



Figura 2 – Exemplo de CLP da empresa *Industrial Shields*, com 24 saídas digitais e 21 saídas ou entradas analógicas. Fonte: CONTROLLINO, 2019

O *Controllino* é compatível com os seguintes *softwares*: (CONTROLLINO, 2019)

- *Arduino IDE*;
- *Visuino*;
- *Atmel Studio*;
- *logi.CAD*;
- *LabView*;
- *Matlab*.

3.3 Industruino

O *Industruino* é uma família de produtos compatíveis com o *Arduino*. A placa de prototipagem é alojada em uma caixa acoplada a um trilho DIN (*Deutsches Institut für Normung*), e vem com uma área de prototipagem em *protoboard* e conta ainda um LCD (*Liquid Crystal Display*) integrado e um painel de membrana. O fabricante oferece ainda um modelo de CLP genérico, com entradas e saídas em 12 ou 24 Volts, e ainda módulos de comunicação sem fio. Estes equipamentos são compatíveis com o *software Arduino IDE*, e é possível realizar o *download* de arquivos de definição e de bibliotecas pelo site do fabricante. (INDUSTRUINO, 2019)

A Figura 3 mostra o modelo para prototipagem aberto, na qual é possível verificar o módulo de *protoboard* para prototipagem rápida de *hardware*.

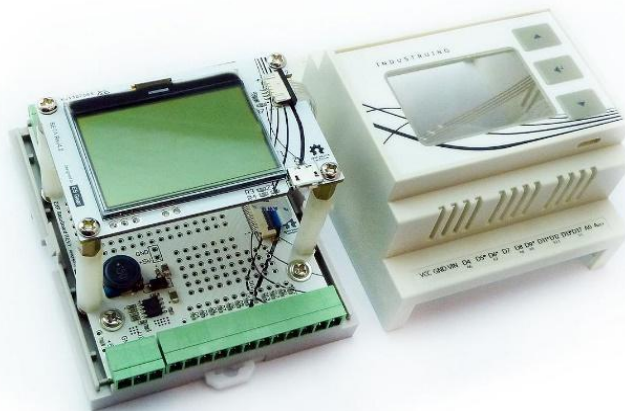


Figura 3 – Módulo de prototipagem do fabricante *Industruino*.
Fonte: INDUSTRUINO, 2019

3.4 Unipi

Unipi é uma empresa que fabrica uma família de controladores lógicos programáveis utilizando *software open source* para serem utilizados em casas inteligentes, prédios, indústrias e por desenvolvedores de *software*. Esses CLPs podem utilizar *softwares* comerciais ou *software open source*. Os *softwares* comerciais que são compatíveis: Codesys, Rexygen, Wylidrin, HomeSeer. *Softwares open source* que são compatíveis: *FHEM, Node-RED, PiDome, Domoticz, Pimatic, DomotiGa*. (UNIPI, 2019)

Um dos modelos oferecidos pela empresa é uma placa de expansão que é conectada a uma placa *Raspberry Pi* comum, mostrada na figura 4, que fornece uma solução de baixo custo e bastante versátil.



Figura 4 – Placa de expansão para transformar um módulo *Raspberry Pi* em um CLP.

Fonte: UNIPI, 2019

3.5 Open PLC Project

O Projeto *OpenPLC* consiste em três partes: *Runtime, Editor e HMI Builder*. O *software "runtime"* deve estar instalado no CLP e é responsável pela execução do programa. O "*Editor*" é o *software* que roda no computador e é usado para criar os programas de CLP. Finalmente, o *ScadaBR* é o "*HMI Builder*", ou seja, o *software* que auxilia a produção da interface homem-máquina. O *OpenPLC* foi criado de acordo com a norma IEC 61131-3, que define a arquitetura básica de *software* e as linguagens de programação para CLPs. (OPEN PCL, 2019)

O *ScadaBr* É um *software* livre que tem com o objetivo ser utilizado para desenvolvimento de aplicações de Automação, aquisição de dados na planta industrial e controle supervisão. Atualmente é utilizado por integração de unidades de geração distribuída, condomínios inteligentes, automação industrial, sistema supervisão de PCH's e monitoramento de experimentos em laboratórios clínicos (SCADABR, 2019).

A título ilustrativo, a Figura 5 mostra a plataforma de *hardware* do projeto *OpenPLC* com quatro módulos: *Bus Board, CPU Card, Input Card e Output Card*. (OPEN PLC, 2019)

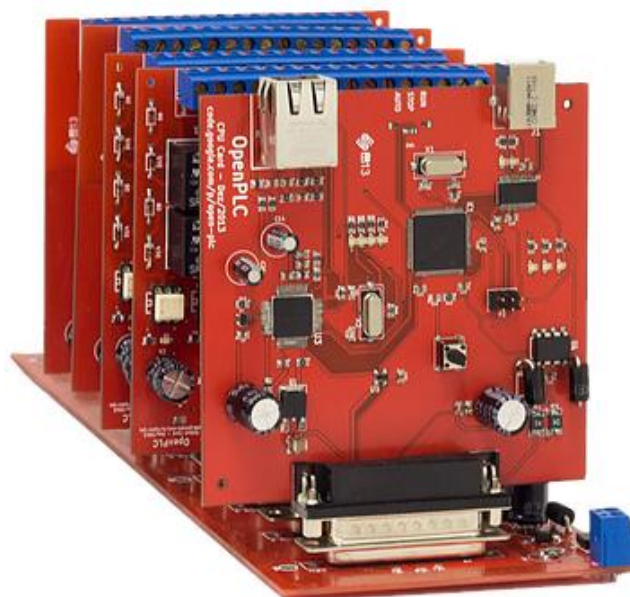


Figura 5 – Plataforma de *hardware* do projeto OpenPLC Fonte: (OPEN PCL, 2019)

3.6 Pixtend

A empresa *Pixtend* é alemã e oferece uma família de CLPs que já passou por várias versões de atualização. O *hardware* utilizado pelo *Pixtend* é formado por um *Raspberry Pi* e oferece diversas entradas e saídas. O *Pixtend* foi projetado com o padrão de IEC 61131-2 (PIXTEND, 2019). Cada conector e *jumper* está claramente marcado na placa de circuito impresso do *Pixtend*. Projetado para aplicações industriais, os blocos de terminais *push-in* fornecem uma conexão segura e com inúmeras possibilidades para o uso de sensores, interruptores, motores, servos modelo e muito mais. O *software* utilizado neste CLP é produzido pela empresa e pode ser modificado pelo consumidor. (PIXTEND, 2019)

A Figura 6 mostra a versão dois do produto, oferecida em tamanhos diferentes (quantidades de entradas e saídas), de acordo com a demanda do usuário.

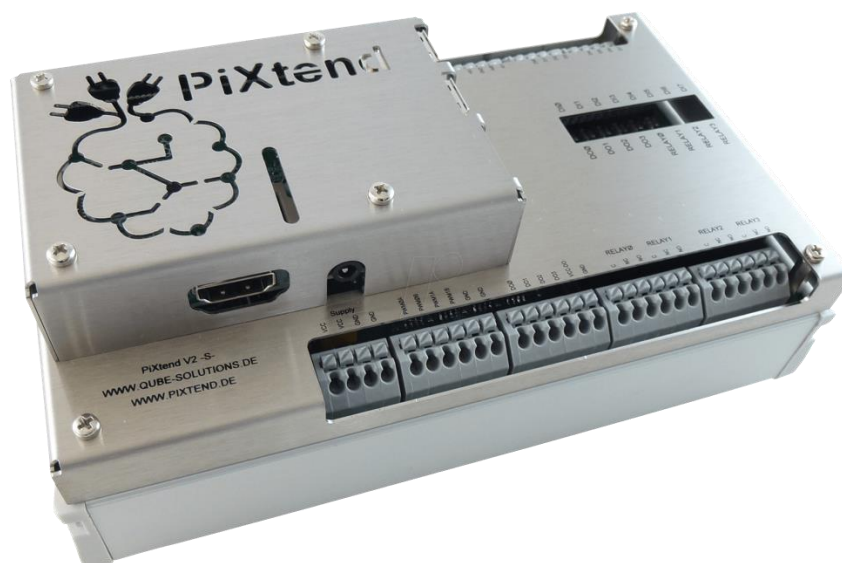


Figura 6 – Versão dois do CLP da empresa *Pixtend*. Fonte: PIXTEND, 2019

3.7 NOVUS DigiRail NXprog

A empresa NOVUS desenvolve e fabrica produtos para aquisição e registro de dados, controle de temperatura e processo, condicionamento e transmissão de sinais e outros instrumentos que atendem aos requisitos internacionais de qualidade há mais de 30 anos. A empresa está em mais de 60 países através de uma rede de mais de 200 distribuidores, e conta com escritórios de vendas no Brasil, Argentina, Estados Unidos e França. Em 2018, a empresa abriu uma nova sede na cidade de Canoas, no sul do Brasil. (NOVUS, 2019)

O *DigiRail NXprog* é o único CLP da empresa baseado em *hardware* livre e trata-se de um lançamento. O produto é mostrado na Figura 7. Este CLP produz sinais de processamento analógico e digital, fornecendo os meios para aplicar este dispositivo como extensão de entradas e saídas do sistema de automação padrão. Por ser compatível com o *Arduino*, permite o uso de linguagem de programação C / C ++ de alto nível, sendo possível implementar algoritmos complexos, como lógica de recursão, máquinas de estado, análise estatística e equações matemáticas. As interfaces RS485 e *Ethernet* garantem a capacidade de se comunicar com outros dispositivos, respectivamente, com os protocolos *Modbus RTU* e *Modbus TCP*. Flexível para implementar protocolos de biblioteca personalizados ou *Arduino*, este dispositivo permite o uso em rede para aplicativos da Indústria 4.0. (NOVUS, 2019)



Figura 7 – Controlador Lógico Programável *DigiRail NXprog*. Fonte: NOVUS, 2019

3.8 Sfera Labs

A *Sfera Labs* é uma empresa que oferece duas famílias de *hardware*, chamadas *Strato* e *Iono* (mostrado, a título de exemplo, na Figura 8), além de um sensor multi-função chamado *Exo*. A empresa alega que seus produtos respeitam as peculiaridades de cada sistema de campo conectado. Ao invés de ajustar o sistema em um modelo geral, a camada de abstração da *Sfera Labs* é aplicada nas propriedades do sistema, permitindo assim uma integração refinada, com uma interface comum de alto nível para os sistemas de campo integrados. Este CLP pode ser instalado em diferentes plataformas que suportem *Java*. Os modelos de CLP da *Sfera Labs* possuem uma estrutura totalmente personalizável e expansível baseada em HTML5, CSS3 e *JavaScript*, que permite criar facilmente interfaces de usuário via *web* para interagir com o servidor. Os equipamentos também contam com uma API (*Application Programming Interface*) tipo REST e um protocolo *WebSockets* para controle remoto e configuração por meio de aplicativos personalizados, aplicativos da *web* ou interfaces *ad-hoc*. (SFERALABS, 2019)



Figura 8 – Controlador Lógico Programável da família *Iono*. Fonte: SFERALABS, 2019

4. Resultados

Muito embora todos os exemplos levantados no presente trabalho tenham funcionalidades análogas, é possível perceber diferenças de *hardware* em relação às plataformas utilizadas. No Quadro 1 é possível comparar as iniciativas em relação ao país de origem e plataforma utilizada. No entanto, convém ressaltar a grande compatibilidade dos sistemas *Arduino* e *Raspberry Pi*, que remonta à origem do segundo (mais recente).

Quadro 1 – Empresas de desenvolvimento de CLPs *open source* comparadas. Fonte: Autores.

Nome da iniciativa	País de origem	Referência	Plataforma base
<i>Industrial Shields</i>	Espanha	(INDUSTRIAL SHIELDS, 2019)	<i>Arduino / Raspberry Pi</i>
<i>Controllino</i>	Áustria	(CONTROLLINO, 2019)	<i>Arduino</i>
<i>Industruino</i>	Bélgica	(INDUSTRUINO, 2019)	<i>Arduino</i>
<i>Unipi</i>	República Tcheca	(UNIPI, 2019)	<i>Raspberry Pi</i>
<i>Open PLC Project</i>	Brasil	(OPEN PLC, 2019)	<i>Plataforma própria, porém compatível com várias outras</i>
<i>Pixtend</i>	Alemanha	(PIXTEND, 2019)	<i>Raspberry Pi</i>
<i>NOVUS DigiRail NXprog</i>	Estados Unidos	(NOVUS, 2019)	<i>Arduino</i>
<i>Sfera Labs</i>	Itália	(SFERALABS, 2019)	<i>Arduino / Raspberry / Pi Pycom</i>

Para avaliar as tendências de uso dos sistemas elencados como exemplos neste trabalho, realizou-se uma pesquisa no site *Google Trends* (GOOGLE, 2019) para se avaliar o número de buscas (no mundo) dos termos *Controllino*, *Industruino* e *Pixtend*. Os demais termos não foram inclusos nas buscas por se mostrarem:

1. Ou muito genéricos, como o termo *Industrial Shields* ou *Open PLC*, por exemplo, que podem ter sido usados para outras buscas, ou;

2. Semelhantes a buscas de outros elementos, como o termo *Unipi*, que, por exemplo, também retorna a *Università di Pisa*, ou;
3. Muito recentes, como o termo *DigiRail NXprog*, que faz referência um produto recém lançado e a *Sfera Labs* que é uma empresa com poucos anos de operação.

Assim, a Figura 9 representa os volumes de pesquisa relativo ao ponto mais alto no gráfico (considerado 100%) no período compreendido entre setembro de 2012 e setembro de 2019 (últimos 7 anos). Um valor igual a 100% representa, portanto, o pico máximo de popularidade de um dos termos (no caso, *Controllino*) no período. Um valor de 50% significa que o termo teve metade da popularidade. Uma pontuação de 0 significa que não havia dados suficientes sobre o termo. A Figura 9 contempla três curvas e suas respectivas linearizações:

- A curva (contínua) em verde representa o nível de interesse sobre o assunto *Controllino* ao longo do tempo, com a linearização verde pontilhada;
- A curva (contínua) em azul representa o nível de interesse sobre o assunto *Industruino* ao longo do tempo, com a linearização azul pontilhada;
- A curva (contínua) em laranja representa o nível de interesse em pesquisas sobre o assunto *Pixtend* ao longo do tempo, com a linearização laranja pontilhada;

As linearizações foram realizadas pelo método dos mínimos quadrados. A linearização trouxe como taxa média de crescimento do interesse de pesquisa no período: 1,08% ao mês para o termo *Controllino*, 0,20% ao mês para o termo *Industruino* e 0,39% ao mês para o termo *Pixtend*.

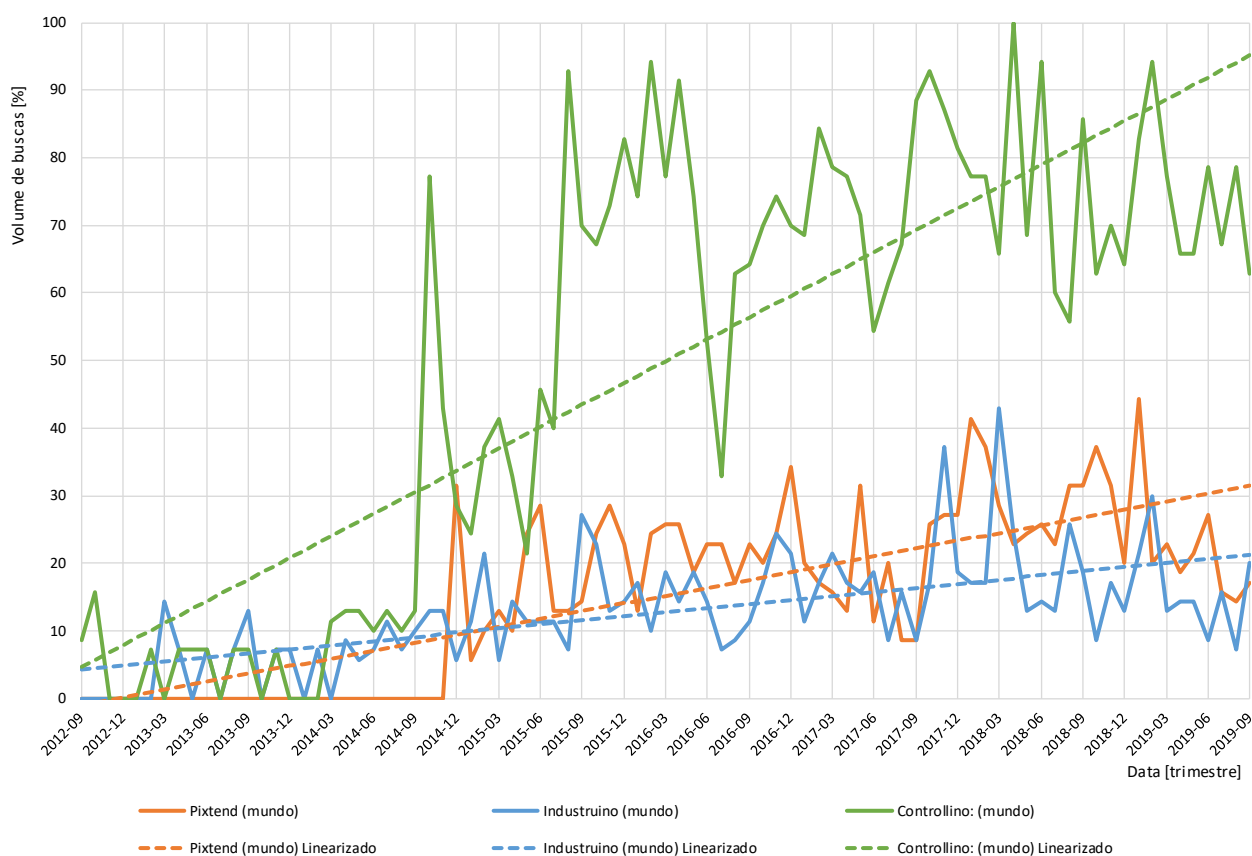


Figura 9 - Volume de buscas de termos de pesquisa (em percentual) vs. tempo nos últimos 7 anos (em trimestres). Fonte: Autores, adaptado de (GOOGLE, 2019)

5. Considerações finais

Os resultados do trabalho demonstram que os sistemas de automação industrial baseados em plataformas de *hardware* livre estão ganhando espaço nos últimos anos e que, assim como as próprias plataformas, estão se tornando cada vez mais elaborados: com maior capacidade de aquisição de dados, processamento e comunicação.

Estes sistemas, muito embora tenham funções análogas aos sistemas convencionais (proprietários) usualmente adotados pelas indústrias, possuem uma lógica de desenvolvimento e utilização bastante diversa, pois enquanto os sistemas proprietários possuem inúmeras restrições baseadas em patentes, cujos conteúdos são formulados para proposadamente revelar o mínimo possível de informação sobre o produto, os sistemas *open source* se baseiam em uma lógica completamente diversa: Tornar o sistema o menos restrito possível e incluir o máximo possível de informações sobre o desenvolvimento e a operação do produto, de forma que qualquer pessoa possa modificar, desenvolver novas funcionalidades, etc.

Assim, muito além de uma eventual redução de custo dos sistemas de controle, observa-se ainda o surgimento de um novo paradigma de desenvolvimento de projetos de automação industrial, fortemente baseado na produção coletiva de conhecimento e livre das amarras das restrições de uso associadas a patentes, portanto um conceito bastante aderente a novos formatos de desenvolvimento de projetos, tais quais *user innovation*, *open innovation*, *Living Labs*, *industrie 4.0*, entre outros.

No entanto, muito embora o uso destes sistemas traga vantagens evidentes em relação a custos de aquisição e liberdade de desenvolvimento, ressalta-se a necessidade de se recorrer a suportes técnicos em esferas alternativas, como fóruns de discussão da internet e similares, principalmente no caso de integração de sistemas diversos. Não haveria, neste caso, o usual suporte ostensivo usualmente proporcionado (em troca de exclusividade) pelas grandes empresas multinacionais que comercializam sistemas proprietários, o que suscita que a adoção de sistemas alternativos baseados em *hardware* livre também deverá estar acompanhada de mudanças comportamentais e culturais dos técnicos responsáveis pelos sistemas de automação das indústrias.

Os resultados deste trabalho sugerem ainda que o desenvolvimento de sistemas de automação industrial baseados em CLPs com licenças de *hardware* livre pode vir a se projetar como uma possibilidade concreta de “alargamento do presente e contração do futuro”, conforme o conceito de Boaventura, (SANTOS, B. de S., 2002) para empresas de pequeno porte e até mesmo para inventores individuais, que passam a ter acesso a equipamentos de performance industrial com baixo custo e total possibilidade de modificação e criação.

Pelo incentivo e apoio à produção acadêmica sem os quais o desenvolvimento deste trabalho não teria sido possível, os autores agradecem as seguintes instituições: Faculdades da indústria (campus CIC), UNIFACEAR (Campus Araucária) e Instituto de Tecnologia do Paraná - TECPAR (campus CIC).

Referências

ARDUINO. **What is Arduino?** 2019. Disponível em: < <https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction> >. Acesso em: 15 out. 2019.

CONTROLLINO. **CONTROLLINO: Welcome to the World of CONTROLLINO!**. 2019. Disponível em: <<https://controllino.biz/>>. Acesso em: 15 ago. 2019.

FOGEL, K. **Producing Open Source Software: How to Run a Successful Free Software Project**. 2 ed. Newton: O'Reilly Media, 2017.

GERMANY TRADE & INVESTMENT [GTAI]. **Industrie 4.0: Smart manufacturing for the future**. Berlim: GTAI, 2014. Disponível em:

<http://www.gtai.de/GTAI/Content/EN/Invest/_SharedDocs/Downloads/GTAI/Brochures/Industries/industrie4.0-smartmanufacturing-for-the-future-en.pdf>. Acesso em: 15 ago de 2017.

GNU. **Sistema Operacional GNU**. 2019. Disponível em: <<https://www.gnu.org/philosophy/free-sw.pt-br.html>>. Acesso em: 16 out. 2019.

GOOGLE. **Google Trends**. 2019. Disponível em: <<https://trends.google.com/trends/>>. Acesso em: 15 abr. 2019.

INDUSTRIAL SHIELDS. **INDUSTRIAL SHIELDS: Automate your application based on open source**. 2019. Disponível em: <<https://www.industrialshields.com/>>. Acesso em: 15 ago. 2019.

INDUSTRUINO. **About Industruino**. 2019. Disponível em: <<https://industruino.com/>>. Acesso em: 15 ago. 2019.

INTEL. **Discontinued Maker & Innovator Products**. 2019. Disponível em: <<https://software.intel.com/en-us/iot/hardware/discontinued>>. Acesso em: 15 ago. 2019.

KURATKO, Donald F. **The third wave: An interview with Steve Case, founder & former CEO of AOL. com**. Business Horizons, 2017.

LOM, Michal; PRIBYL, Ondrej; SVITEK, Miroslav. **Industry 4.0 as a part of smart cities**. In: Smart Cities Symposium Prague (SCSP), 2016. IEEE, 2016. p. 1-6.

MORAES, Julio Lucchesi. **A Quarta Revolução Industrial: Internet Industrial e o Projeto de Desenvolvimento Digital Alemão**. Boletim Fipe, São Paulo, v. 2, n. 482, p.22-25, set. 2016. Mensal. Disponível em: <<http://downloads.fipe.org.br/content/downloads/publicacoes/bif/bif432-22-25.pdf>>. Acesso em: 15 ago de 2017.

NOVUS. **DigiRail NXprog**. 2019. Disponível em: <<http://www.novusautomation.com/products/629460>>. Acesso em: 16 out. 2019.

OPEN PLC. **Open PLC: Designed to be open source**. 2019. Disponível em: <<http://www.openplcproject.com/>>. Acesso em: 15 ago. 2019.

OSI. **Open Source Initiative**. 2019. Disponível em: <<https://opensource.org/history>>. Acesso em: 16 out. 2019.

PETRUZELLA, Frank D. **Controladores Lógicos Programáveis**. AMGH Editora, 2014.

PIXTEND. **PIXTEND: Every project needs a solid base**. 2019. Disponível em: <<http://www.pixtend.de/>>. Acesso em: 15 ago. 2019.

RASPBERRY PI. **Raspberry Pi – About us**. 2019. Disponível em: < <https://www.raspberrypi.org/about/> >. Acesso em: 15 ago. 2019.

SANTOS, B. de S. **Para uma sociologia das ausências e uma sociologia das emergências**. Revista crítica de ciências sociais, n. 63, p. 237-280, 2002.

SCADABR. **ScadaBr**. 2019. Disponível em: <<http://www.scadabr.com.br/>>. Acesso em: 15 out. 2019.

SFERALABS. **An open source framework for the development of smart control systems**. 2019. Disponível em: <<https://www.sferalabs.cc/sfera/>>. Acesso em: 15 out. 2019.

UNIPI. **UNIPI: Manage Anything**. 2019. Disponível em: <<https://www.unipi.technology/>>. Acesso em: 15 ago. 2019