



Mapeamento Tecnológico e Científico das Aplicações de Ações de Controle em Sistemas Embarcados

ADM - Tema 07 - Inovação e Empreendedorismo

RESUMO

O presente trabalho tem por objetivo a realização de um mapeamento tecnológico e científico sobre as Aplicação de Ações de Controle em Sistema Embarcado. Foram pesquisadas as patentes disponíveis na base internacional da *World Intellectual Property Organization* (WIPO), e as publicações científicas presentes na base de dados da SCOPUS, acessadas pelo portal de Periódicos da CAPES. Relatou-se que o número de pedidos de patentes é inferior ao quantitativo de trabalhos publicados na academia. A China foi o país que apresentou o maior número de depósitos de patentes e o que mais publica artigos científicos. O Brasil apareceu com 68 publicações nas bases de trabalhos acadêmicos e não aparece nas bases de patentes internacionais.

Palavras-chave: Científico; Mapeamento; Sistemas Embarcados; Tecnológico.

ABSTRACT

The present work has as objective the accomplishment of a technological and scientific mapping on the Application of Control Techniques in Embedded System. The patents available on the international basis of the World Intellectual Property Organization (WIPO), and the scientific publications in the Scopus database, accessed through the CAPES News Portal were searched. It has been reported that the number of patent applications is less than the number of published works in the academy. China was the country that presented the largest number of patent deposits and most published scientific articles. Brazil has appeared with 68 publications in the bases of academic works and does not appear in the international patent base.

Keywords: Embedded systems; Mapping; Scientific; Technological.

INTRODUÇÃO

Os Sistemas Embarcados (*Embedded Systems*) encontram-se cada vez mais presente nas aplicações do dia-a-dia, seja em aplicações robóticas e autônomas ou em equipamentos de uso diário como fornos de micro-ondas, telefones celulares, calculadoras, relógios digitais, e com aplicação ao desenvolvimento de novos produtos.

Sistemas embarcados são sistemas computacionais completos e independentes, mais simples que um computador de propósito geral (*desktops*), encarregados de executar apenas uma função determinada - tarefas pré-determinadas, com requisitos específicos - na qual executam geralmente repetidas vezes. Também chamado de sistema embutido, seu computador é completamente encapsulado, totalmente dedicado ao dispositivo que controla. Esses dispositivos são compostos fundamentalmente pelos mesmos componentes de um computador pessoal, só que com tamanho e capacidade limitadas para o fim se destina (WIKILIVROS, 2018).

Segundo o *Embedded Systems Glossary* os Sistemas Embarcados também podem ser



definidos como uma combinação de hardware e software, e talvez mecânicas adicionais ou outras peças, projetadas para executar uma função dedicada. Em alguns casos, os sistemas embarcados fazem parte de um sistema ou produto maior, como no caso de um sistema de freios antitravamento em um carro (BARR GROUP, 2018).

Para uma melhor avaliação da importância do desenvolvimento dessas aplicações para o surgimento de novas soluções tecnológicas é importante se conhecer como está o mercado com suas patentes desenvolvidas e como andam as pesquisas realizadas no âmbito acadêmico pelos principais pesquisadores do mundo.

Contudo, o processo de Mapeamento Tecnológica (MT) pode agregar valor para o desenvolvimento de novos produtos e serviços (WIPO, 2018a). Além disso, os registros de patentes são classificados segundo a Classificação Internacional de Patentes (CIP ou do inglês, *International Patent Classification - IPC*), onde as patentes podem ser divididas em 8 seções, 21 subseções, 120 classes, 628 subclasses e 69.000 grupos (WIPO, 2018b). Vale destacar que um registro pode estar em mais de uma subclasse.

Já o Mapeamento Científico (MC), serve para que os pesquisadores encontrem lacunas de pesquisa e aplicação para suas atividades acadêmicas.

O objetivo geral deste trabalho é realizar um mapeamento tanto tecnológico quanto científico sobre as Aplicações de Ações de Controle em Sistema Embarcado. Afim de evidenciar as publicações de patentes e as produções de pesquisa sobre esses dispositivos.

O presente documento está organizado da seguinte forma: na próxima seção é apresentada a Fundamentação Teórica, em seguida são explicados os procedimentos metodológicos utilizados nesta pesquisa, posteriormente são demonstradas a análise dos resultados e as discussões advindas da pesquisa e por fim as conclusões do trabalho.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Sistemas Embarcados

Atualmente são diversas as placas de Sistemas Embarcados disponíveis no mercado com os mais diversos tamanhos e configurações, assim como o crescimento na comercialização e uso das plataformas de prototipagem eletrônica de hardware livre e de placa única, projetada com um microcontrolador, facilitou muito a aquisição destas placas pelos desenvolvedores. Os Sistemas Embarcados mais conhecidos e utilizados atualmente em diversas soluções são:

Arduino

O Arduino é uma plataforma eletrônica de código aberto baseada em hardware e software fáceis de usar (ARDUINO, 2018a). Possui um microcontrolador Microchip picoPower de 8 bits com AVR RISC combina a memória flash ISP de 32KB com capacidades de leitura enquanto escreve, EEPROM 1024B, SRAM de 2 KB (MICROCHIP, 2018).

Figura 1 – Arduino Uno Rev3





Fonte: ARDUINO (2018b).

Launchpad

Similar ao Arduino, a plataforma eletrônica *Launchpad* da *Texas Instruments* utiliza código aberto, hardware modular e ferramentas e recursos de software fáceis de usar (TEXAS INSTRUMENTS, 2018), além disto utiliza o microcontrolador MSP430 foi projetado especificamente para ser de baixo custo e baixo consumo de energia, adequado para uma variedade de aplicações.

Figura 2 – MSP430 LaunchPad



Fonte: MAKER.IO STAFF (2018).

STM32

A família STM32 de microcontroladores Flash de 32 bits baseados no processador ARM® Cortex®-M foi projetada para oferecer novos graus de liberdade aos usuários de MCU. Ele oferece produtos que combinam alto desempenho, recursos em tempo real, processamento de sinal digital e operação de baixa e baixa tensão e conectividade, mantendo total integração e facilidade de desenvolvimento (ST, 2018).

Figura 3 – STM32 Nucleo-144 development board with STM32F207ZG MCU



Fonte: ELEMENT14 (2018).

ESP8266

O ESP8266 é um microcontrolador do fabricante chinês *Espressif* que inclui capacidade de comunicação por Wi-Fi. Pode ser programado pela IDE do Arduino e possui diversas configurações de placas.

Figura 4 – NodeMCU ESP8266 Lua



Fonte: GEARBEST (2018).



Raspberry

O *Raspberry PI* é um computador do tamanho de um cartão de crédito de baixo custo que se conecta a um monitor de computador ou TV, e usa um teclado e mouse padrão. É um pequeno dispositivo capaz que permite que pessoas explorem computação e aprenda a programar em linguagens como *Scratch* e *Python* (RASPBerry PI, 2018a).

Figura 5 – RASPBerry PI 3 MODEL B



Fonte: RASPBerry PI (2018b).

PIC

PIC é uma família de microcontroladores feita pela *Microchip Technology*, derivada do PIC1650 originalmente desenvolvido pela Divisão de Microeletrônica da *General Instrument*. O nome PIC referia-se inicialmente ao Controlador de Interface Periférica, depois foi corrigido como Computador Inteligente Programável (WIKIPEDIA, 2018).

Figura 6 – PICAXE 28X2 Microcontroller (28 pin)



Fonte: SPARKFUN (2018).

FPGA

Field Programmable Gate Arrays (FPGAs - em português "Arranjo de Portas Programáveis em Campo") são dispositivos semicondutores baseados em uma matriz de blocos lógicos configuráveis (*Configurable Logic Blocks* - CLBs) conectados via interconexões programáveis. Os FPGAs podem ser reprogramados para os requisitos desejados de aplicação ou funcionalidade após a fabricação. Esse recurso distingue os FPGAs dos ASICs (*Application Specific Integrated Circuits*), que são fabricados sob encomenda para tarefas de design específicas [14].

Figura 7 – Xilinx Virtex-5 LXT FFG665 FPGA board



Fonte: HDL (2018).

Ações de Controle

A introdução de um controlador em um determinado sistema visa a modificação de sua dinâmica, manipulando a relação entrada/saída através da atuação sobre um ou mais dos seus parâmetros, com o objetivo de satisfazer certas especificações com relação a sua resposta (OGATA, 1990). Os parâmetros do sistema que sofrem uma ação direta do controlador, são denominadas de variáveis manipuladas, enquanto que os parâmetros no qual se deseja obter as mudanças que satisfaçam as dadas especificações, denominam-se variáveis controladas.

O controlador é um dispositivo físico, podendo ser: eletrônico, elétrico, mecânico, pneumático, hidráulico ou combinações destes. No projeto real de um sistema de controle, o projetista deverá decidir pela utilização de um ou mais controladores. Esta escolha depende de vários fatores. O tipo de controlador mais comumente usados, mesmo em plantas das mais diversas naturezas, é o controlador eletrônico. De fato, os sinais não elétricos são, normalmente, transformados em sinais elétricos, através de transdutores, e, devido a simplicidade de transmissão, aumento da performance, aumento da confiabilidade e principalmente, facilidade de compensação. Geralmente controladores eletrônicos são circuitos simples, formados basicamente por amplificadores operacionais, sendo assim de fácil implementação prática e baixos custos (OGATA, 1990).

Nas teorias de controle clássica e moderna, o primeiro passo para implementar o controle de um processo, é derivar o modelo matemático que descreve o processo. O procedimento, requer que se conheça detalhadamente o processo a ser controlado, o que nem sempre é factível se o processo é muito complicado. As teorias de controle existentes se aplicam a uma grande variedade de sistemas, onde o processo é bem definido.

Como principais Ações de Controle podemos identificar: PID, FUZZY e MPC.

PID

Proporcional-Integral-Derivativo (PID) é o algoritmo de controle mais usado na indústria e tem sido utilizado em todo o mundo para sistemas de controle industrial. A popularidade de controladores PID pode ser atribuída em parte ao seu desempenho robusto em uma ampla gama de condições de funcionamento e em parte à sua simplicidade funcional, que permite aos engenheiros operá-los de uma forma simples e direta. Como o nome sugere, o algoritmo PID é composto por três coeficientes: proporcional, integral e derivativo, que são variados para obter a resposta ideal (NATIONAL INSTRUMENTS, 2018).

FUZZY

Lógica *Fuzzy*, Redes Neurais, Sistemas Especialistas e algoritmos genéticos fazem parte de um novo paradigma conhecido por sistemas inteligentes. Estes sistemas procuram fornecer respostas que solucionam problemas, de forma apropriada às situações específicas destes problemas, mesmo sendo novas ou inesperadas (SHAW; SIMÕES, 1999).



A operação destes sistemas inspira-se, em geral, em sistemas biológicos. A capacidade criativa dos seres humanos, de raciocinar de maneira incerta ou difusa contrasta com a forma de operar de computadores e máquinas, regidos por raciocínio binário e preciso (BAUCHSPIESS, 1995). No momento em que estas máquinas transcendessem a esta restrição, tornar-se-iam inteligentes, podendo raciocinar de forma difusa. Esta forma de raciocínio é conhecida em inglês por *Fuzzy*, tendo como tradução em português nebuloso, difuso.

MPC

O controle preditivo baseado em modelo (MPC) é uma técnica de controle poderosa desenvolvida e consolidada nas duas últimas décadas. É uma das poucas técnicas de controle avançado que têm tido um significativo impacto na indústria de controle de processos. Talvez a principal razão para este êxito seja que esta técnica pode lidar com diversas situações: pode ser aplicada a sistemas SISO (*Single Input Single Output*) e MIMO (*Multiple Input Multiple Output*), permite inclusão de ações de realimentação e pré-alimentação, podem ser incluídas restrições de entrada e saída na formulação da lei de controle e pode também compensar intrinsecamente os tempos mortos do processo (NORMEY-RICO; CAMACHO, 2007).

O MPC não é uma estratégia de controle específica, mas é o nome dado a um conjunto de métodos de controle que foram desenvolvidos considerando o conceito de predição e a obtenção do sinal de controle, através da minimização de uma determinada função objetivo. Esta função considera o erro futuro e as restrições nas variáveis de processo e/ou de controle (CAMACHO; BORDONS, 2004).

O MPC é uma técnica consolidada na indústria para sistemas multivariáveis, com restrições, que podem ser representados por modelos lineares (HENSON, 1998). Apesar de a maioria dos sistemas reais apresentarem características não lineares, quando o processo opera numa pequena faixa então seu comportamento pode ser aproximado satisfatoriamente através de modelos lineares.

METODOLOGIA

Este trabalho foi realizado seguindo os processos de Mapeamento Sistemático (MS), proposto por (PETERSEN et al., 2008). Especificamente, foram conduzidos um Mapeamento Tecnológico (MT) na base de patentes internacional da Organização Mundial da Propriedade Intelectual (WIPO, 2018a) e um Mapeamento Científico (MC) na base de publicações de trabalhos científicos (SCOPUS, 2018). A escolha de ambas as bases se deu devido ao tamanho e importância dessas bases para o Mercado e para a Academia, respectivamente.

O trabalho foi realizado no mês de setembro de 2018 e o processo de pesquisa nas bases iniciou-se com a condução de buscas piloto com as palavras-chave, por meio do Portal de Periódico da CAPES (CAPES, 2018). Foram separadas as palavras chaves para as placas de Sistemas Embarcados e para as Ações de Controle, relacionadas a seguir:

Arduino; ATMEGA; AVR; ARM; STM32; Launchpad; MSP430; ESP8266; Raspberry; PIC; FPGA; PID; FUZZY; MPC.

Após as buscas piloto e refinamentos de acordo com o retorno das publicações, foi criada uma estratégia de busca para o mapeamento nas bases específicas, conforme apresentada a seguir:



Strings de busca no WIPO:

- EN_TI:(ARDUINO (PID)) OR EN_AB:(ARDUINO (PID)) OR EN_CL:(ARDUINO (PID))
- EN_TI:(ATMEGA (PID)) OR EN_AB:(ATMEGA (PID)) OR EN_CL:(ATMEGA (PID))
- EN_TI:(LAUNCHPAD (PID)) OR EN_AB:(LAUNCHPAD (PID)) OR EN_CL:(LAUNCHPAD (PID))
- EN_TI:(MSP430 (PID)) OR EN_AB:(MSP430 (PID)) OR EN_CL:(MSP430 (PID))
- EN_TI:(ESP8266 (PID)) OR EN_AB:(ESP8266 (PID)) OR EN_CL:(ESP8266 (PID))
- EN_TI:(RASPBERRY (PID)) OR EN_AB:(RASPBERRY (PID)) OR EN_CL:(RASPBERRY (PID))
- EN_TI:(PIC (PID)) OR EN_AB:(PIC (PID)) OR EN_CL:(PIC (PID))
- EN_TI:(FPGA (PID)) OR EN_AB:(FPGA (PID)) OR EN_CL:(FPGA (PID))
- EN_TI:(ARM (PID)) OR EN_AB:(ARM (PID)) OR EN_CL:(ARM (PID))
- EN_TI:(STM32 (PID)) OR EN_AB:(STM32 (PID)) OR EN_CL:(STM32 (PID))
- EN_TI:(AVR (PID)) OR EN_AB:(AVR (PID)) OR EN_CL:(AVR (PID))
- EN_TI:(ARDUINO (FUZZY)) OR EN_AB:(ARDUINO (FUZZY)) OR EN_CL:(ARDUINO (FUZZY))
- EN_TI:(ATMEGA (FUZZY)) OR EN_AB:(ATMEGA (FUZZY)) OR EN_CL:(ATMEGA (FUZZY))
- EN_TI:(LAUNCHPAD (FUZZY)) OR EN_AB:(LAUNCHPAD (FUZZY)) OR EN_CL:(LAUNCHPAD (FUZZY))
- EN_TI:(MSP430 (FUZZY)) OR EN_AB:(MSP430 (FUZZY)) OR EN_CL:(MSP430 (FUZZY))
- EN_TI:(ESP8266 (FUZZY)) OR EN_AB:(ESP8266 (FUZZY)) OR EN_CL:(ESP8266 (FUZZY))
- EN_TI:(RASPBERRY (FUZZY)) OR EN_AB:(RASPBERRY (FUZZY)) OR EN_CL:(RASPBERRY (FUZZY))
- EN_TI:(PIC (FUZZY)) OR EN_AB:(PIC (FUZZY)) OR EN_CL:(PIC (FUZZY))
- EN_TI:(FPGA (FUZZY)) OR EN_AB:(FPGA (FUZZY)) OR EN_CL:(FPGA (FUZZY))
- EN_TI:(ARM (FUZZY)) OR EN_AB:(ARM (FUZZY)) OR EN_CL:(ARM (FUZZY))
- EN_TI:(STM32 (FUZZY)) OR EN_AB:(STM32 (FUZZY)) OR EN_CL:(STM32 (FUZZY))
- EN_TI:(AVR (FUZZY)) OR EN_AB:(AVR (FUZZY)) OR EN_CL:(AVR (FUZZY))
- EN_TI:(ARDUINO (MPC)) OR EN_AB:(ARDUINO (MPC)) OR EN_CL:(ARDUINO (MPC))
- EN_TI:(ATMEGA (MPC)) OR EN_AB:(ATMEGA (MPC)) OR EN_CL:(ATMEGA (MPC))
- EN_TI:(LAUNCHPAD (MPC)) OR EN_AB:(LAUNCHPAD (MPC)) OR EN_CL:(LAUNCHPAD (MPC))
- EN_TI:(MSP430 (MPC)) OR EN_AB:(MSP430 (MPC)) OR EN_CL:(MSP430 (MPC))
- EN_TI:(ESP8266 (MPC)) OR EN_AB:(ESP8266 (MPC)) OR EN_CL:(ESP8266 (MPC))



(MPC))

- EN_TI:(RASPBERRY (MPC)) OR EN_AB:(RASPBERRY (MPC)) OR EN_CL:(RASPBERRY (MPC))
- EN_TI:(PIC (MPC)) OR EN_AB:(PIC (MPC)) OR EN_CL:(PIC (MPC))
- EN_TI:(FPGA (MPC)) OR EN_AB:(FPGA (MPC)) OR EN_CL:(FPGA (MPC))
- EN_TI:(ARM (MPC)) OR EN_AB:(ARM (MPC)) OR EN_CL:(ARM (MPC))
- EN_TI:(STM32 (MPC)) OR EN_AB:(STM32 (MPC)) OR EN_CL:(STM32 (MPC))
- EN_TI:(AVR (MPC)) OR EN_AB:(AVR (MPC)) OR EN_CL:(AVR (MPC))

Strings de busca no SCOPUS

- TITLE-ABS-KEY (arduino OR atmega OR avr AND pid)
- TITLE-ABS-KEY (arduino OR atmega OR avr AND fuzzy)
- TITLE-ABS-KEY (arduino OR atmega OR avr AND mpc)
- TITLE-ABS-KEY (stm32 OR arm AND pid)
- TITLE-ABS-KEY (stm32 OR arm AND fuzzy)
- TITLE-ABS-KEY (stm32 OR arm AND mpc)
- TITLE-ABS-KEY (launchpad OR msp430 AND pid)
- TITLE-ABS-KEY (launchpad OR msp430 AND fuzzy)
- TITLE-ABS-KEY (launchpad OR msp430 AND mpc)
- TITLE-ABS-KEY (esp8266 AND pid)
- TITLE-ABS-KEY (esp8266 AND fuzzy)
- TITLE-ABS-KEY (esp8266 AND mpc)
- TITLE-ABS-KEY (raspberry AND pid)
- TITLE-ABS-KEY (raspberry AND fuzzy)
- TITLE-ABS-KEY (raspberry AND mpc)
- TITLE-ABS-KEY (pic AND pid)
- TITLE-ABS-KEY (pic AND fuzzy)
- TITLE-ABS-KEY (pic AND mpc)
- TITLE-ABS-KEY (fpga AND pid)
- TITLE-ABS-KEY (fpga AND fuzzy)
- TITLE-ABS-KEY (fpga AND mpc)

MAPEAMENTO TECNOLÓGICO

Nesta seção serão descritos os resultados encontrados na base da WIPO, assim como algumas considerações relevantes. A Tabela 1 representa os números de depósitos de patentes recuperados, após utilização da estratégia de busca formada pela combinação das palavras-chave na base da WIPO.

Tabela 1 - Quantitativo de patentes por palavras-chave na base WIPO

Hardware / Modelo de controle	PID	Fuzzy	MPC	Total por Hardware	TOTAL PATENTES
Arduino	1	0	0	1	703
Atmega	1	0	0	1	
AVR	6	4	0	10	
ARM	246	201	25	472	

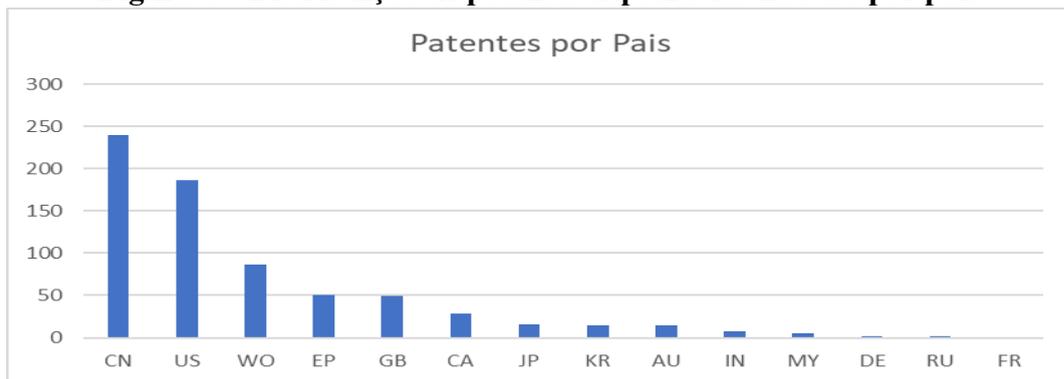


STM32	10	7	0	17
Launchpad	0	1	0	1
mSP430	0	2	0	2
esp8266	1	0	0	1
Raspberry	0	1	0	1
PIC	41	3	1	45
FPGA	91	55	6	152
Total por Modelo	397	274	32	
TOTAL PATENTES	703			

Fonte: Elaborado pelos autores (2018).

Foram retornadas um total de 703 depósitos de patentes. Na Figura 8, A China (China) é apresentada como o país com maior número de depósito de patentes envolvendo o desenvolvimento de produtos com o uso de Ações de Controle em Sistemas Embarcados, possuindo um total de 240 patentes depositadas.

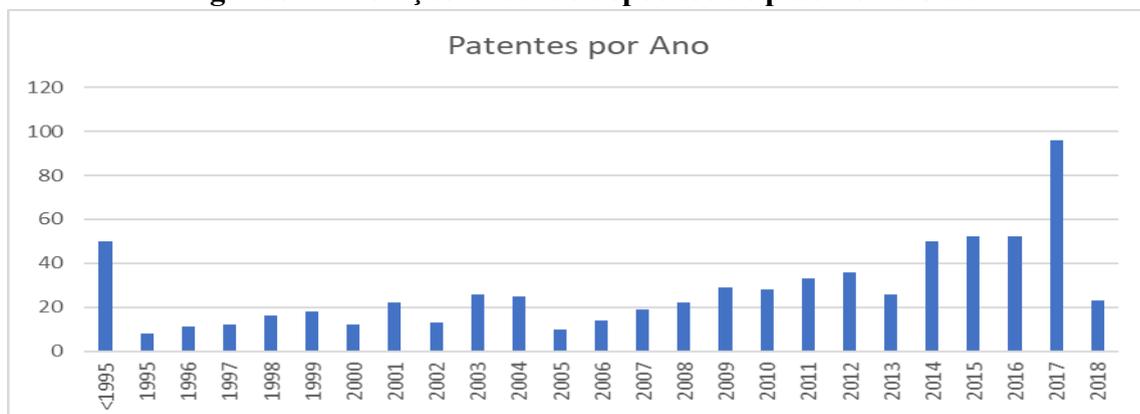
Figura 8 – Distribuição de patentes depositadas na base por país



Fonte: Elaborado pelos autores (2018).

Verificando os pedidos das 703 patentes, verificou-se um aumento no número de depósitos nos últimos anos, e com 23 pedidos oficializados já no ano corrente de 2018, apresentados na Figura 9. Esses resultados comprovam que, existe uma tendência no mercado no desenvolvimento de produtos com o uso de Ações de Controle em Sistemas Embarcados.

Figura 9 – Evolução anual de depósitos de patente na base

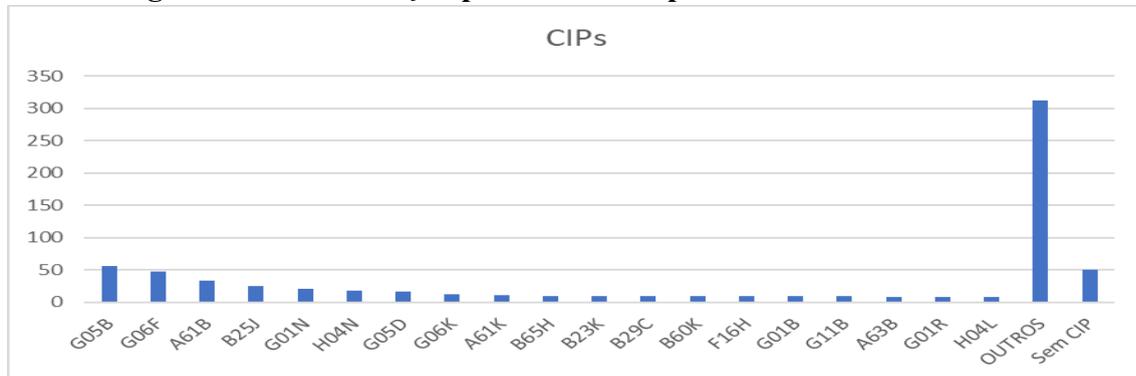




Fonte: Elaborado pelos autores (2018).

Quanto as CIPs encontradas na estratégia de busca utilizada, foi observado que tanto a SEÇÃO A - NECESSIDADES HUMANAS, SEÇÃO B - REALIZAR OPERAÇÕES; TRANSPORTE, SEÇÃO G – FÍSICA e SEÇÃO H — ELECTRICIDADE possuem as maiores ocorrências presentes nos pedidos de depósito das patentes, Figura 10.

Figura 10 – Distribuição por CIP dos depósitos encontrado na base



Fonte: Elaborado pelos autores (2018).

Dentre os depósitos analisados, 56 estão alocados na subclasse G05B - SISTEMAS DE CONTROLE OU REGULAGEM EM GERAL; ELEMENTOS FUNCIONAIS DE TAIS SISTEMAS; DISPOSIÇÕES PARA MONITORAÇÃO OU TESTE DE TAIS SISTEMAS OU ELEMENTOS e 48 em G06F - PROCESSAMENTO ELÉTRICO DE DADOS DIGITAIS.

A Tabela 2 apresenta a descrição das principais subclasses da CIP que mais apareceram nas patentes retornadas pela estratégia de busca utilizada.

Tabela 2 - Descrição das CIPs mais presentes nos pedidos de patentes retornados



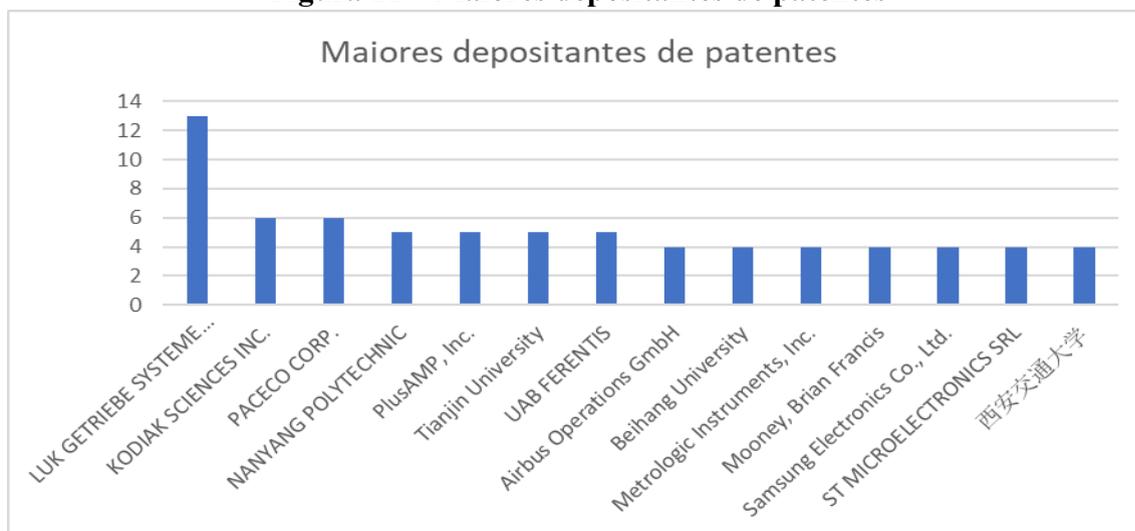
CIP	Descrição
G05B	Sistemas de controle ou regulação em geral; elementos funcionais de tais sistemas; disposições para monitoração ou teste de tais sistemas ou elementos
G06F	Processamento elétrico de dados digitais
A61B	Diagnóstico; cirurgia; identificação
B25J	Manipuladores; câmaras fornecidas com dispositivos de manipulação
G01N	Investigando ou analisando materiais por determinar suas propriedades físicas ou químicas
H04N	Comunicação de imagens
G05D	Sistemas para controlar ou regular variáveis não elétricas
G06K	Identificação de dados; apresentação de dados; suporte de dados; manipulação de transportes de dados
A61K	Preparações para uso médico, odontológico ou para banheiro
B65H	Manuseamento ou material filamentar, por ex. Folhas, webs, cabos
B23K	Soldagem ou não solucionar; soldagem; revestimento ou revestimento por solda ou solda; corte aplicando o calor localmente, por exemplo corte de chama; trabalhando pelo laser beam
B29C	Formação ou junção de plásticos; formação de material em um estado de plástico, não fornecido outra forma; após tratamento dos produtos de forma, por ex. Reparação
B60K	Arranjo ou montagem de unidades de propulsão ou de transmissões em veículos; arranjo ou montagem de movimentos primeiros diversos plurais em veículos; condutos auxiliares para veículos; instrumentação ou dashboards para veículos; disposições relativas ao refrigeração, à intraga de ar, ao escape de gás ou ao combustível de unidades de propulsão em veículos
F16H	Engrenagem
G01B	Medição de comprimento, espessura ou dimensões lineares semelhantes; medição de ângulos; áreas de medição; medição de irregularidades de superfícies ou contornos
G11B	Armazenamento de informações com base no movimento relativo entre o transportador e o transdutor
A63B	Aparelhos para treinamento físico, ginástica, natação, escalada ou cerco; jogos de bola; equipamento de treinamento
G01R	Medição de variáveis elétricas; medição de variáveis magnéticas
H04L	Transmissão de informação digital, p. Ex. Comunicação telegráfica

Fonte: Elaborado pelos autores (2018).

A análise de depositantes, ou requerentes principais, evidenciou que o maior depositante é a “LUK GETRIEBE SYSTEME GMBH”, com um total de 13 depósitos de patentes.



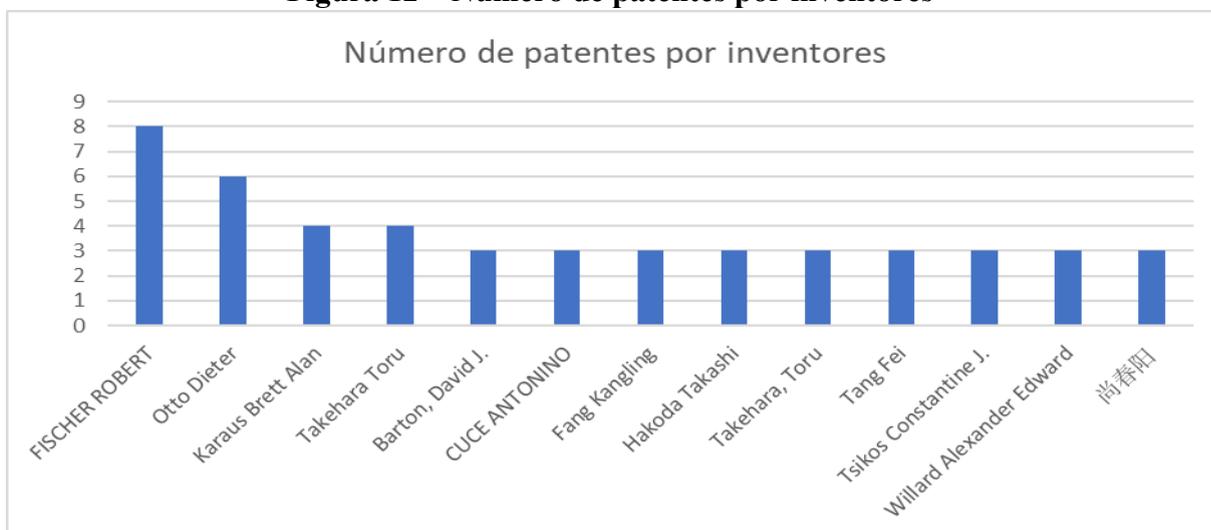
Figura 11 – Maiores depositantes de patentes



Fonte: Elaborado pelos autores (2018).

Já a análise referente aos inventores, evidenciou que o maior inventor é o “FISCHER ROBERT”, com um total de 8 depósitos de patentes, conforme apresentado na Figura 12.

Figura 12 – Número de patentes por inventores



Fonte: Elaborado pelos autores (2018).

MAPEAMENTO CIENTÍFICO

Nesta seção serão descritos os resultados encontrados base da SCOPUS, assim como algumas considerações relevantes. A Tabela 3 representa os números de trabalhos publicados recuperados, após utilização da estratégia de busca formada pela combinação das palavras-chave.

Tabela 3 - Quantitativo de trabalhos publicados retornados pela string de busca na base SCOPUS



Hardware / Modelo de controle	PID	Fuzzy	MPC	Total por Tipo	TOTAL ARTIGOS
Arduino OU Atmega OU AVR	395	324	17	736	5763
STM32 OU ARM	913	1614	192	2719	
Launchpad OU msp430	18	17	3	38	
esp8266	0	2	0	2	
Raspberry	27	38	2	67	
PIC	60	131	30	221	
FPGA	509	1324	147	1980	
Total por Tipo	1922	3450	391		
TOTAL ARTIGOS	5763				

Fonte: Elaborado pelos autores (2018).

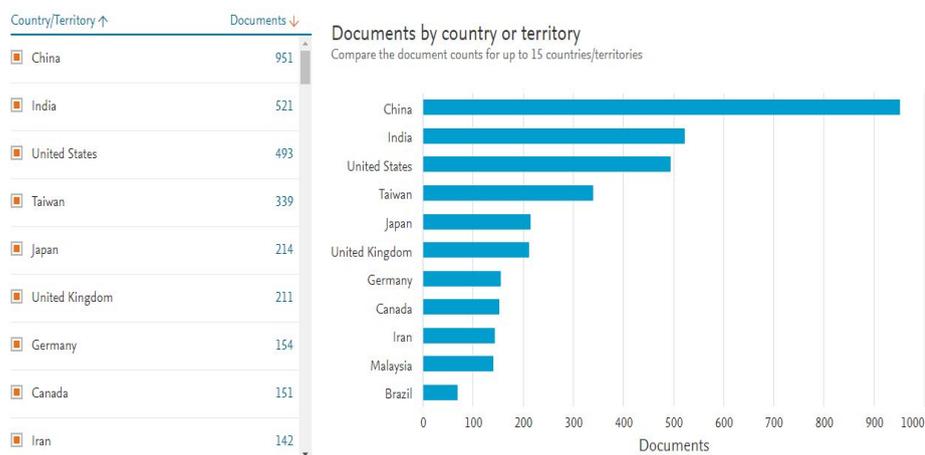
Foram retornados um total de 5763 publicações de trabalhos. Como a pesquisa foi utilizando *strings* diferentes, não é possível realizar a estratificação dos resultados, com isso foi criada uma nos *string* de pesquisa utilizando todos os termos juntos:

TITLE-ABS-KEY (arduino OR atmega OR avr OR arm OR stm32 OR fpga OR launchpad OR msp430 OR esp8266 OR raspberry OR pic AND pid OR mpc OR fuzzy)

Com a nova *string* foram encontrados 5129 resultados, onde por se tratar de uma única pesquisa é possível utilizar a ferramenta de análise de dados do sistema SCOPUS, na Figura 13, onde a China é apresentada como o país com maior número de publicações de trabalhos, possuindo um total de 951 publicações.

Em segundo lugar encontra-se a Índia (*India*) com 521 trabalhos, ocupando o terceiro lugar está os Estados Unidos (*United States*) com 493 trabalhos. O Brasil (*Brazil*) aparece no gráfico com 68 publicações.

Figura 13 – Distribuição de publicações de trabalhos na base por país



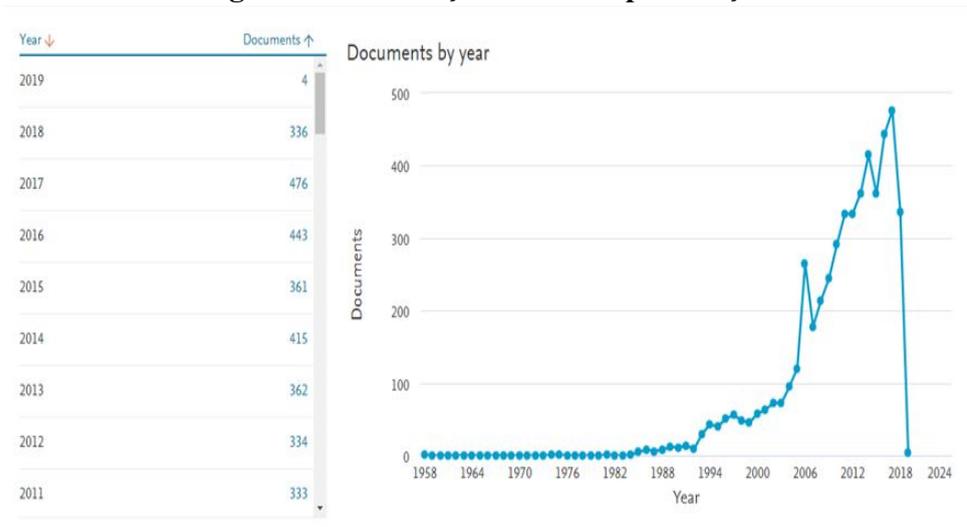
Fonte: Elaborado pelos autores (2018).

Verificando as publicações, verificou-se um aumento no número de depósitos nos últimos anos, de 1958 até 2018 e com 4 publicações aceitas e programadas já para o próximo



ano 2019, apresentados na Figura 14. Esses resultados comprovam que, existe um crescente interesse na área acadêmica e pesquisas.

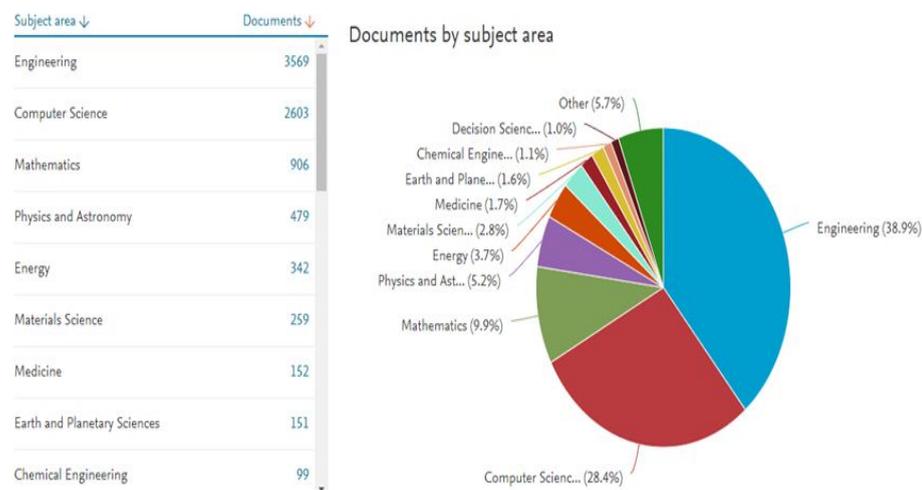
Figura 14 – Evolução anual de publicações



Fonte: Elaborado pelos autores (2018).

Quanto a classificação das publicações por área de pesquisa, foi observado que a área das Engenharias (*Engineering*) apresentou um maior número de documentos com um total de 38,9% das publicações, conforme Figura 15. Em segundo lugar está a área da Computação (*Computer Science*) com 28,4% e em terceiro lugar a área de Matemática (*Mathematics*) com 9,9% das publicações.

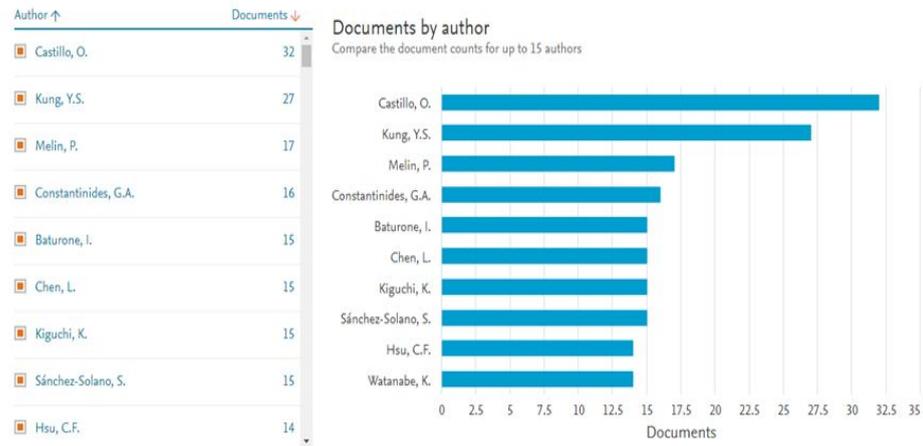
Figura 15 – Distribuição das publicações por área de pesquisa na base



Fonte: Elaborado pelos autores (2018).

A análise de autores, evidenciou que o autor com o maior número de publicações sobre o tema é “Castillo, O.”, com um total de 32 trabalhos, conforme Figura 16.

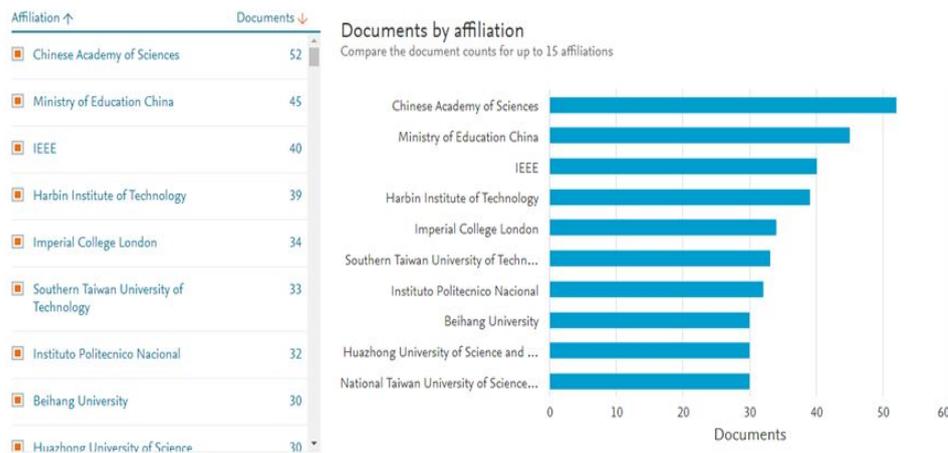
Figura 16 – Número de publicações científicas por autores



Fonte: Elaborado pelos autores (2018).

Já a análise referente a quais organizações mais publicam sobre o tema, evidenciou que a Academia Chinesa de Ciências - “*Chinese Academy of Sciences*” - foi a que apresentou o maior número de publicações, com um total de 52, conforme apresentado na Figura 17.

Figura 17 – Número de publicações científicas por organizações



Fonte: Elaborado pelos autores (2018).

CONCLUSÃO

Com os processos de Mapeamento Tecnológico e Mapeamento Científico, concluiu-se que a produção e pesquisa a respeito das Aplicação de Ações de Controle em Sistema Embarcado é bastante relevante, apresentando um grande potencial produtivo e com inúmeras possibilidades de inovação tecnológica. As aplicações podem ser utilizadas para diversos fins, como o desenvolvimento de equipamentos móveis e/ou sistemas autônomos Além de auxiliar na prototipação em pesquisas acadêmicas.

Por outro lado, esse potencial ainda é pouco protegido nas bases de patentes pelos brasileiros, pois não apresentou nenhuma publicação brasileira, e que os pesquisadores do país estão publicando sobre o tema, com um total de 68 trabalhos em bases científicas. Desta forma, apresentando um número de documentos científicos mais significativo que as patentes depositadas.



Verificou-se ainda que a China é o país com maior número de depósito de patentes sobre a temática, 240 patentes depositadas, e também é o país com maior número de publicações científicas, possuindo um total de 951 publicações. Esse resultado pode ser justificado devido à grandes investimentos e desenvolvimento tecnológicos neste país.

Como trabalhos futuros, sugere-se que sejam realizadas a análise nas publicações brasileiras afim de saber como podem ser exploradas e inseridas no mercado.

REFERÊNCIAS

ARDUINO, Store Arduino. ARDUINO. Disponível em: < <https://store.arduino.cc/usa/>>. Acesso em: 10 set. 2018b.

ARDUINO, What is Arduino? ARDUINO. Disponível em: <<https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>>. Acesso em: 10 set. 2018a.

BARR GROUP, Embedded Systems Glossary. BARR GROUP. Disponível em: < <https://barrgroup.com/Embedded-Systems/Glossary-E>>. Acesso em: 10 set. 2018.

BAUCHSPIESS, A., Servocontrole preditivo de robôs guiados por sensores, Universität Erlangen-Nürnberg. 1995.

CAMACHO, E. F.; BORDONS, C. Model Predictive Control, Springer-Verlag, London, United Kingdom. 2004.

CAPEL. Portal de periódicos da CAPES. Disponível em: <<http://www.periodicos.capes.gov.br/>>. Acesso em: 10 set. 2018.

ELEMENT14, STM32 Nucleo-144 development board with STM32F207ZG MCU, supporting Arduino, ST Zio and morpho connectivity. ELEMENT14. Disponível em: <<https://www.element14.com/community/docs/DOC-81004/1/stm32-nucleo-144-development-board-with-stm32f207zg-mcu-supporting-arduino-st-zio-and-morpho-connectivity>>. Acesso em: 10 set. 2018.

GEARBEST, NodeMCU ESP8266 Lua WiFi Internet Development Board – BLACK, GEARBEST. Disponível em: <https://www.gearbest.com/transmitters-receivers-module/pp_366523.html>. Acesso em: 10 set. 2018.

HDL, Xilinx Virtex-5 LXT FFG665 FPGA board. HDL. Disponível em: <https://www2.hdl.co.jp/en/index.php?option=com_content&view=article&id=113&Itemid=420>. Acesso em: 10 set. 2018.

HENSON, M. A. Non-linear model predictive control: Current status and future directions, Computers and Chemical Engineering, Vol.23, pp. 187-202. 1998.

MAKER.IO STAFF, Hands on with the Texas Instruments' MSP430 LaunchPad and SeeedStudio's SideKick Kit. DIGIKEY. Disponível em: < <https://www.digikey.com/en/maker/blogs/hands-on-with-the-texas-instruments-msp430-launchpad> >. Acesso em: 10 set. 2018.

MICROCHIP, ATmega328P. MICROCHIP. <<https://www.microchip.com/wwwproducts/en/atmega328p>>. Acesso em: 10 set. 2018.



NATIONAL INSTRUMENTS, Explicando a Teoria PID. NATIONAL INSTRUMENTS. Disponível em: <<http://www.ni.com/white-paper/3782/pt/>>. Acesso em: 10 set. 2018.

NORMEY-RICO, J. E.; CAMACHO, E. F, Control of Dead-time Processes, pringer-Verlag, London Limited, United Kingdom. 2007.

OGATA, K. Engenharia de Controle Moderno - Segunda Edição. Prentice-Hall do Brasil, 1990.

PETERSEN, K. et al. Systematic Mapping Studies in Software Engineering. EASE. Anais. 2008.

RASPBERRY PI, Products. RASPBERRY PI. Disponível em: <<https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-3-model-b/>>. Acesso em: 10 set. 2018b.

RASPBERRY PI, What is a Raspberry Pi? RASPBERRY PI. Disponível em: <<https://www.raspberrypi.org/help/what-%20is-a-raspberry-pi/>>. Acesso em: 10 set. 2018a.

SCOPUS. Scopus | O maior banco de dados da literatura revisada por pares | Elsevier. Disponível em: <<https://www.elsevier.com/pt-br/solutions/scopus>>. Acesso em: 10 set. 2018.

SHAW, I. S., SIMÕES, M. G., Controle e Modelagem Fuzzy, Edgard Blücher, São Paulo. 1999.

SPARKFUN, PICAXE 28X2 Microcontroller (28 pin). SPARKFUN. Disponível em: <<https://www.sparkfun.com/products/9195>>. Acesso em: 10 set. 2018.

ST, MCUs ARM Cortex de 32 bits STM32. ST. Disponível em: <<https://www.st.com/en/microcontrollers/stm32-32-bit-arm-cortex-mcus.html>>. Acesso em: 10 set. 2018.

TEXAS INSTRUMENTS, TI LaunchPad™ development kits. TEXAS INSTRUMENTS. Disponível em: <<http://www.ti.com/tools-software/launchpads/launchpads.html>>. Acesso em: 10 set. 2018.

WIKILIVROS, Sistemas embarcados. WIKILIVROS. Disponível em: <https://pt.wikibooks.org/wiki/Sistemas_operacionais/Sistemas_embarcados>. Acesso em: 10 set. 2018.

WIKIPEDIA, PIC microcontrollers. WIKIPEDIA. Disponível em: <https://en.wikipedia.org/wiki/PIC_microcontrollers>. Acesso em: 10 set. 2018.

WIPO, W. I. P. O. International Patent Classification (IPC). Disponível em: <<http://www.wipo.int/classifications/ipc/>>. Acesso em: 10 set. 2018b.

WIPO, W. I. P. O. PCT – Sistema Internacional de Patentes. Disponível em: <<http://www.wipo.int/pct/pt/index.html>>. Acesso em: 10 set. 2018a.

XILINX, What is an FPGA?. XILINX. Disponível em: <<https://www.xilinx.com/products/silicon-devices/fpga/what-is-an-fpga.html>>. Acesso em: 10 set. 2018.