

SISTEMA DE AQUISIÇÃO DE DADOS EM MATLAB UTILIZANDO COMUNICAÇÃO WI-FI™ VIA NODEMCU (ESP8266)

Resumo: Este trabalho descreve o desenvolvimento de um sistema de aquisição de dados em Matlab utilizando o dispositivo ESP8266 sendo programado por meio do Arduino IDE. O sistema se baseia no envio e recepção de dados, o qual resulta na utilização de apenas duas funções no código em Matlab: uma função responsável por ler os dados provenientes de sensores acoplados à placa NodeMCU 1.0 e uma função incumbida de enviar sinais para atuadores. Testou-se o desempenho do sistema experimentalmente ao se fazer aquisição de dados de um circuito de segunda ordem. O sistema desenvolvido mostrou resultados satisfatórios em desempenho e em conformidade com os objetivos de vincular a tecnologia Wi-Fi ao contexto educacional e à globalização 4.0.

Palavras-chave: Sistemas de Controle. ESP8266. Software de educação. Aquisição de dados. Wi-Fi.

1 INTRODUÇÃO

A conexão e supervisão de sistemas procura cada vez mais atender situações em que são necessários comandos remotos para estabelecer comunicação entre as partes integrantes de um sistema. Tomando como estímulo inicial a aplicação do sensoriamento remoto via Wi-Fi para um circuito de segunda ordem, um sistema do tipo aquisição de dados surgiu como solução de um dos passos para implementação de algoritmos específicos para serem usados no circuito. Percebeu-se no decorrer do trabalho a necessidade tecnológica da plataforma DAQ (*Data Acquisition*) via Wi-Fi para uma vasta gama de áreas que possam utilizar a tecnologia desenvolvida.

A Indústria 4.0 tem como objetivo interconectar e informatizar as indústrias tradicionais. O objetivo da Indústria 4.0 é tornar as fábricas suficientemente inteligentes em termos de melhor adaptabilidade, eficiência de recursos e melhor integração dos processos de oferta e demanda entre as fábricas. A comunicação sem fio terá um papel fundamental na ativação dos sistemas e tecnologias da Indústria 4.0 (VARGHESE & TANDUR, 2014) (WAN et al., 2016).

Desenvolver um sistema de aquisição de dados de baixo custo é muito interessante no cenário atual brasileiro de crise financeira e recessão socioeconômica (ROCHA & MERANDINO, 2017) (RIGHETTI, 2017). Outrossim, com o barateamento de microcontroladores, como o ESP8266 desenvolvido pela empresa Espressif Systems®, os investimentos em hardware ficam mais baratos, de forma, que estudos sejam menos comprometidos pelas alterações mercadológicas nacionais.

A placa NodeMCU V3, também comercializada como NodeMCU 1.0, equipada com o ESP8266 pode ser encontrada em sites de compras na internet por U\$2,76. Para a validação de economia de gastos proposta neste trabalho, a tabela 1 foi desenvolvida comparando-se com os preços apresentados por outras empresas produtoras de sistemas de equipamentos do tipo *Data Converters* via WiFi.

Os principais objetivos deste trabalho são: disponibilizar material para ensino ao uso do sistema DAQWiFi para fins didáticos e acadêmicos; permitir a realização de experimentos que envolvam medições com períodos de amostragem em frações de segundos o que seria impossível de ser feito manualmente; obter informações de experimentos com maior precisão e mais

rapidamente; explorar experiências que podem demandar grande período de monitoramento, sendo o computador (ou qualquer outro dispositivo de memória) o responsável pelo armazenamento dos dados; propiciar redução no tempo gasto para a coleta de dados, permitindo que o pesquisador disponha de maior tempo para desenvolver outras habilidades e competências; disponibilizar de sistema de aquisição de dados de fácil manutenção e manuseio, sendo possível consertar o equipamento gastando pouco dinheiro e em menor tempo; enviar sinais de comando para atuadores através de múltiplos hosts.

Tabela 1. Comparativo de preços de placas de aquisição de dados via WiFi

Equipamento/empresa	Valor (dólar)
CC3220RM2ARGKR / Texas Instruments™	US\$ 10,45 (1)
CC3220SF-LAUNCHXL / Texas Instruments™	US\$ 49,99 (1)
NI cDAQ-9191, 1-Slot WI-FI Chassis / National Instruments™	US\$ 690,95 (2)
NodeMCU V3	US\$ 2,76
Measurement and Computing	Não possui
Festo	Não possui
ABB	Não possui
Honeywell	Não possui

Nota: valores sujeitos a alterações ao passar do tempo.

(1) Disponível no site oficial da Texas Instruments™.

(2) Disponível no site oficial National Instruments™.

Fonte: Autoria própria.

Existem diversos trabalhos publicados na Internet que utilizam o ESP8266, todavia eles ainda carecem de registros mais formais e mais abrangentes. Apesar da comunidade de usuários do NodeMCU já ser considerável, seu uso no meio acadêmico ainda é pouco definido (OLIVEIRA, 2017). Em Fernandes et al. (2017), encontra-se um dos trabalhos mais próximos ao que é realizado neste artigo, onde utilizam o módulo ESP8266 como sistema de aquisição de sinais ECG processado pelo LabVIEW® através de comunicação WiFi. As principais diferenças dos trabalhos é que o programa desenvolvido neste artigo é capaz tanto de receber dados dos sensores como enviar e se usa o Matlab ao invés do LabVIEW®, além disso, o DAQWiFi é apto a trabalhar também sem conexão via Internet, comunicando-se apenas por meio de sinais de radiofrequência WiFi entre os dispositivos conectados a ele, ou seja, atualizando o endereço do roteador sem fazer contato com o mundo externo via Internet.

Tanto no trabalho de Oliveira (2017) como no de Guerra (2016), a aplicação do ESP8266 foi focada na temática de automação residencial. O primeiro trabalho relata como utilizar o microcontrolador pareado ao celular visando controlar o acendimento de lâmpadas em um ambiente residencial. O segundo trabalho foca no uso de um protocolo chamado X10 que estrutura comunicação de envio e recepção de dados através da rede elétrica.

2 O DAQWIFI

O DaqWifi é um sistema de aquisição de dados em Matlab que utiliza o dispositivo ESP8266, sendo este programado por meio do Arduino IDE. A explicação do DaqWifi abrange conhecimentos de rede WiFi, HTTP, Arduino e Matlab, logo, uma breve explicação acerca destes temas deve ser feita. Resumidamente, o objetivo do DAQWiFi é utilizar apenas duas funções criadas no Matlab para receber e enviar sinais de comando para dispositivos, sendo útil para uma vasta gama de aplicações em diversas áreas da ciência e tecnologia.

2.1 WiFi

Uma das principais tecnologias utilizadas na construção de redes sem fio de baixo custo para a conexão com a internet é a família de protocolos 802.11 IEEE, também conhecida como WiFi. A família 802.11 de protocolos de transmissão por rádio (MACFARLAN & WONG, 2003) -por exemplo: 802.11a, 802.11b e 802.11g - tem incrível popularidade no mundo atual. Através da implementação de um conjunto comum de protocolos, os fabricantes de todo o mundo conseguiram construir equipamentos altamente interoperáveis.

O emprego do WiFi neste trabalho se justifica como forma de comunicação *wireless* de baixo custo, onde vários dispositivos podem ser conectados simultaneamente, proporcionando que estudantes de sistemas de controle possam controlar remotamente e em tempo real uma planta qualquer que esteja conectada a mesma rede WiFi que seus respectivos hosts.

2.2 HTTP

O Protocolo de Transferência de Hipertexto (*Hypertext Transfer Protocol*) – é definido no RFC 1945 e no RFC 2616, disponíveis na IETF (*Internet Engineering Task Force*). O HTTP faz parte da camada de aplicação e é o responsável principal pelo funcionamento da Web. O protocolo trabalha através da troca de mensagens entre os sistemas conectados. Estas mensagens são padronizadas e especificam como o servidor e cliente se comunicarão.

O HTTP usa o TCP como seu protocolo de transporte subjacente. O cliente HTTP primeiramente inicia uma conexão TCP com o servidor. Uma vez estabelecida a conexão, os processos do browser e do servidor acessam o TCP por meio de suas interfaces sockets (KUROSE & ROSS, 2010).

O sistema DAQWiFi emprega dois métodos do HTTP: GET e PUT. O método GET solicita ao servidor que envie a página, ou objeto, no caso mais genérico, apenas um arquivo. A página é codificada em MIME (*Multipurpose Internet Mail Extensions*) de forma adequada.

O método PUT é o inverso do GET: ele grava a página ao invés de lê-la. Esse método possibilita a criação de um conjunto de páginas da Web em um servidor remoto. O corpo da solicitação contém a página, que pode ser codificada com o uso de MIME. Nesse caso, as linhas após PUT, podem incluir "Content-Type" e cabeçalho de autenticação, para demonstrar que o cliente de fato tem permissão para executar a operação solicitada.

2.3 ESP8266

O ESP8266 é um microcontrolador com sistema de comunicação WiFi próprio embutido, o que o torna diferente de outros microprocessadores, como o Arduino, que necessitam de Shields WiFi. Produzido pela empresa Espressif Systems, o ESP8266 se tornou bastante difundido a partir de 2014, ano de início de sua venda no mercado. A literatura mais completa sobre o ESP8266 disponível em Kolban (2015). Este livro demonstra como programar o ESP8266, quais são suas principais utilidades e como funciona a eletrônica necessária para realizar projetos.

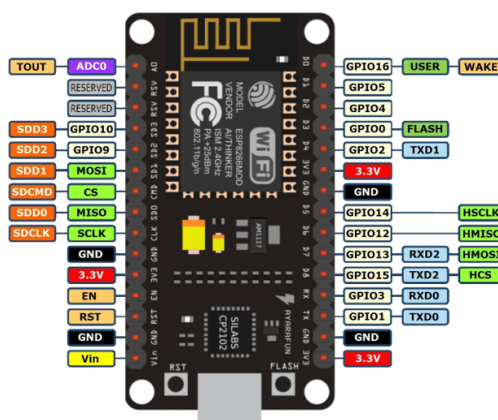
O ESP8266 possui 17 pinos GPIOs (*General Purpose Input and Output*), os quais podem ser configurados para entrada e saída de dados. Outras características inerentes ao WiFi do

ESP8266 são: o espectro de frequência ISM utilizado é 2,4GHz; suporta modo de segurança WPA e WPA2; possui padrões de rede wireless: 802.11 b/g/n/d/e/i/k/; pode ser Station, SoftAP ou Station + SoftAP (isto permite a utilização do dispositivo tanto como roteador, como cliente-servidor).

2.4 NodeMCU V3

O firmware é o conjunto de instruções operacionais programadas diretamente no hardware de um equipamento eletrônico (BALL, 2005). O NodeMCU é um firmware de código aberto baseado no ESP8266, fazendo com que o microcontrolador possa ser programado nas linguagens Lua e Arduino, sendo a última utilizada para desenvolver o sistema proposto neste artigo. A placa NodeMCU 1.0, possui a disposição de pinos conforme exposto na figura 1.

Figura 1 - NodeMCU V3.



Fonte: https://i2.wp.com/www.marginallyclever.com/wp-content/uploads/2016/10/nodemcu_pins.png?ssl=1

2.5 Programação da placa no Arduino IDE

A programação da placa NodeMCU é feita através da IDE do Arduino. Resumidamente, o programa configura uma conexão WiFi através da porta serial, para que se possa fazer uso do ESP8266 sem mais precisar do uso de *commport*. As informações são enviadas para URL responsável pela conexão entre o computador, o roteador e o ESP8266, conforme ilustrado na figura 2.

Para que o NodeMCU V3 possa ser programado utilizando a linguagem padrão do Arduino é necessário adicionar à placa as configurações de programação via Arduino IDE. Esta tarefa é feita através do gerenciador de placas, onde se deve incluir os dispositivos que aceitam o ESP8266. Os passos são:

- Acessar: Arquivo > Preferências;
- Adicionar a URL http://arduino.esp8266.com/stable/package_esp8266com_index.json em URLs adicionais de Gerenciadores de Placas e clicar em "Ok";
- Acessar: Ferramentas > Placa > Gerenciador de Placas;
- Selecionar "esp8266 by ESP8266 Community" e concluir a instalação.

2.6 Programa em Matlab

O DaqWifi possui duas funções principais para fazer o envio e a recepção de dados no Matlab: a `daqwifi_read` e a `daqwifi_write`. O papel da primeira é ler Strings de dados provenientes de sensores (ou outros dispositivos acoplados) disponíveis no ESP8266 e depois converter as Strings em números. A segunda tem por objetivo enviar sinais através de Strings para o NodeMCU, para isso, os dados numéricos no Matlab são convertidos para Strings.

Figura 2 - Fluxo de dados entre os dispositivos que utilizam o DAQWiFi.



Fonte: Autoria própria.

As funções `daqwifi_read` e `daqwifi_write` funcionam através das funções do Matlab `webread()` e `webwrite()`, respectivamente, as quais podem ser usadas a partir da versão do Matlab 2014. Os argumentos que estas funções utilizam são: o endereço URL onde estão os dados, os nomes e valores respectivos dos dados requeridos, o tipo de requisição (ex.: GET, POST, PUT) e o tipo de dados (ex.: texto, imagem, áudio).

3 RESULTADOS

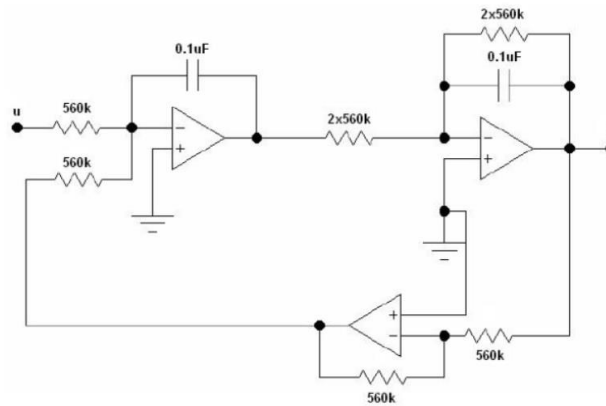
O intuito de usar uma placa de segunda ordem para realizar a primeira aquisição de dados do DAQWiFi é justificado devido a alguns sistemas existentes na natureza apresentarem respostas com característica subamortecida, proporcionando generalizações dos fenômenos físicos envolvidos e dos modelos matemáticos estudados na disciplina controle de sistemas. Por exemplo, a dinâmica apresentada por uma planta de bancada pode ser correlacionada à dinâmica de grandes máquinas do mundo real, assim como também o movimento em um grau de liberdade de um quadrirrotor pode possuir o mesmo tipo de resposta a um estímulo quando comparado a um sistema de segunda ordem (NOGUEIRA & SILVEIRA, 2016).

O primeiro passo a ser dado para a implementação do DaqWifi é o teste de aquisição em plantas SISO (*Single Input and Single Output*). A planta escolhida para esta tarefa foi o circuito eletrônico de segunda ordem, que é representado pela figura 4, onde é possível ver a simplicidade do uso da planta, sendo necessárias três conexões: sinal de comando (PWM), sinal de saída (resposta do sistema) e tensão de aterramento (*ground*).

Percebe-se a dinâmica de segunda ordem do sistema devido a ordem do denominador da função de transferência mostrada na Equação 1, que representa o esquemático da figura 3, onde: $R=560k\Omega$; $R1=2\times 560k\Omega$; $C=0,1\mu F$.

$$G(s) = \frac{1}{s^2 + \left(\frac{1}{R_1 C}\right)s + \frac{1}{RR_1 C^2}} \quad (1)$$

Figura 3 - Diagrama de circuito do processo eletrônico subamortecido.



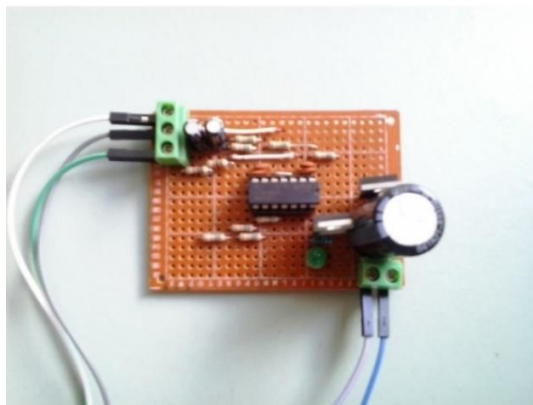
Fonte: Autoria própria.

A resposta do circuito de dinâmica subamortecida ao sinal de comando degrau de magnitude 1 (um) de duração 5,5 segundos e, em seguida, outro degrau de magnitude 0,5 é mostrada na figura 5.

Foram realizados testes de funcionamento do programa para aquisição de dados e envio de sinais de comando no Matlab. Um loop de envio e recepção do DAQWiFi dura em média 0,4 segundos, como mostrado na figura 6, fazendo com que a frequência máxima de amostragem possível do DAQWiFi seja de 2,5Hz. Quando se deseja apenas realizar a aquisição de sinais sem ser necessário o envio de sinal de comando, o período de amostragem se reduz ao utilizar apenas a função `daqwifi_read`.

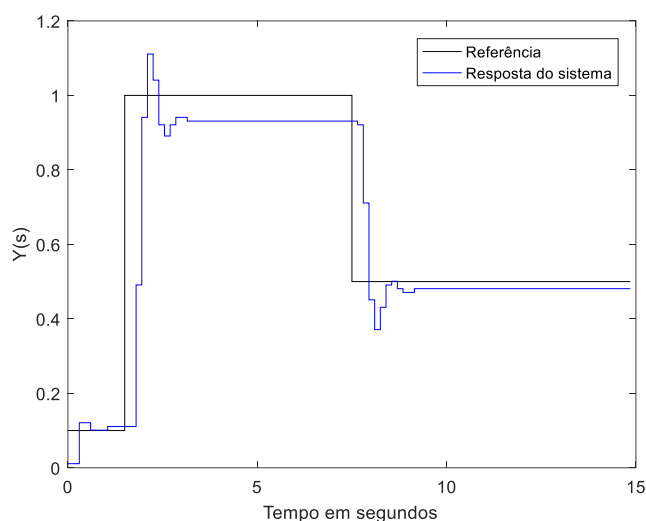
É possível perceber, ainda, através dos gráficos gerados, picos de atraso de comunicação, os quais variaram muito nos diversos testes realizados, porém não sendo maiores que um segundo, com exceção de quando o próprio computador apresentava problemas de desempenho, ao reproduzir o programa em Matlab.

Figura 4 - Processo eletrônico subamortecido.



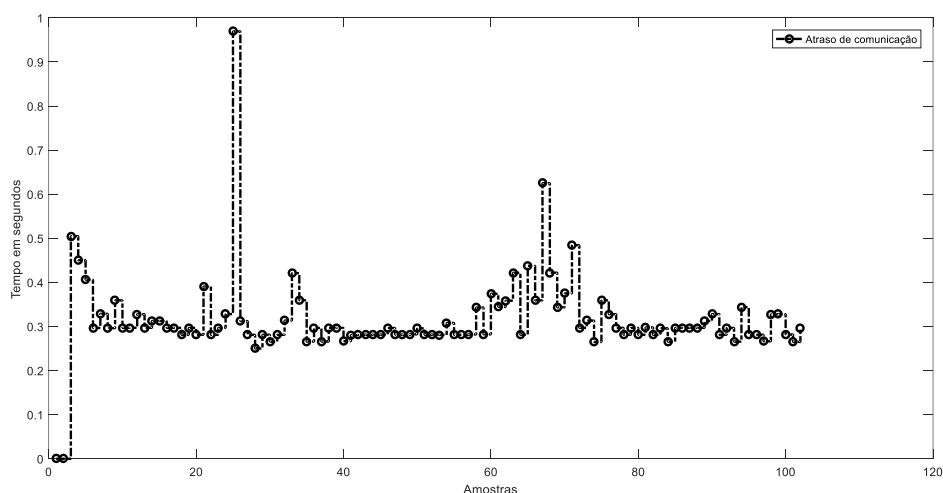
Fonte: Autoria própria.

Figura 5 - Resposta ao degrau do sistema
subamortecido (V/s).



Fonte: Autoria própria.

Figura 6. Atraso de comunicação para o roteador
Cisco DPC3925.



Fonte: Autoria própria.

4 CONCLUSÃO

O trabalho é relevante no fomento de aparatos tecnológicos de baixo custo dentro da realidade acadêmica brasileira. Através do DAQWiFi é possível monitorar remotamente plantas com dinâmicas lentas (por exemplo: sistemas de controle de vazão de líquido, de variáveis químicas, de temperatura etc.), respeitando a velocidade máxima de amostragem que o programa é capaz de suportar. Objetivos que envolvem dinâmicas rápidas podem não ser apropriados para o DAQWiFi, todavia, ainda assim é possível este mesmo problema ser ajustado de forma que seja plausível resolvê-lo de acordo com algoritmos de controle mais sofisticados.

Outra grande vantagem comprovada com o uso do sistema DAQWiFi é devido a fácil manutenção de componentes em caso de falhas, pois, da maneira que foi projetado, possibilita maior compreensão dos aspectos envolvidos no manuseio e montagem do sistema.

Através do sistema desenvolvido (o DAQWiFi), juntamente com a escrita deste artigo, é possível ter material que propicia o aprendizado e o desenvolvimento de projetos em diversas áreas da ciência, permitindo a realização de experimentos em tempo real e sem a utilização de fios para a comunicação, sendo esta realizada via WiFi.

Nota-se que o sistema desenvolvido permite a ascensão do conhecimento prático de estudantes de sistemas de controle, podendo transformar a realidade brasileira no ensino de engenharia de controle e automação e áreas afins. Salienta-se que o enfoque do ensino em engenharia deve focar em sistemas multivariáveis com elevado grau de complexidade e que estejam conectados entre por sistemas *wireless*, pois essa é a proposta da globalização 4.0: a de um futuro conectado, onde as partes do sistema podem contribuir entre si.

4.1 Trabalhos Futuros

Várias aplicações são aptas a suportar o DaqWifi, por exemplo, em telemedicina (*e-Healthy*) (ARTANTO et al., 2017), em sistemas de controle (YULIANDOKO et al., 2017), em robótica (BHUIYA et al. 2017). Os estudos citados podem ser reproduzidos para servirem como comparações e aplicações deste artigo.

É importante lembrar que o DAQWiFi não foi projetado para ser utilizado diretamente na indústria, pois sua principal função é de experimentação de protótipos e plantas de bancada no meio acadêmico. Por isso, para estender a funcionalidade do DAQWiFi, são necessários estudos de robustez para possibilitar análises em vários tipos de sistemas. Como dito anteriormente, existem poucos estudos formais sobre o ESP8266, portanto os avanços em trabalhos futuros se tornam essenciais para a difusão deste tipo de tecnologia explanada neste artigo.

Melhorias no DAQWiFi devem ser realizadas a fim de reduzir o atraso de comunicação discutido no artigo. Estes avanços servirão para a formulação de uma segunda versão do sistema de aquisição proposto. Algumas maneiras sugeridas de como realizar as melhorias são através do aperfeiçoamento no uso de protocolos e na redução de funções orientadas a objeto que acabam executando procedimentos desnecessários à tarefa objetivada pelo DAQWiFi.

REFERÊNCIAS

- ARTANTO, D., SULISTYANTO, M. P., PRANOWO, I. D., & PRAMESTA, E. E. Drowsiness detection system based on eye-closure using a low-cost EMG and ESP8266. **2nd International conferences on Information Technology, Information Systems and Electrical Engineering (ICITISEE)** (pp. 235-238). November. 2017.
- BHUIYA, A., MUKHERJEE, A., & BARAI, R. K. Development of Wi-Fi communication module for ATmega microcontroller based mobile robot for cooperative autonomous navigation. **IEEE Calcutta Conference (CALCON)** (pp. 168-172). 2017.
- BALL, Stuart R. – **Embedded Microprocessor Systems: Real World Design**. 3rd edition, Editora: MCPros, EUA, 2005.
- FERNANDES, A. C., MAGALHÃES, I. N. D. DE, SOUZA, M. A., COSTA JUNIOR, A. G. DA, & MOREIRA, C. S. Sistema de aquisição de sinais ECG processado pelo LabVIEW com comunicação wi-fi por meio do módulo ESP8266. **Revista Principia**. 2017.
- GUERRA, F. H. M. **Automação Residencial de Baixo Custo com Protocolo X10 e ESP8266**, 55 f. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto. 2016.
- KOLBAN, N. **Kolban's Book on ESP8266**. 2016.
- KUROSE, J., ROSS, K. **Redes de Computadores e a Internet**, Pearson, 5ª Edição. 2010.

- MACFARLAND, B., WONG M. The Family Dynamics of 802.11, **ACM DL Digital Library**. 2003.
- NOGUEIRA, C. E. D., SILVEIRA, A. S. Controle de um Pêndulo Amortecido Utilizando PID Clássico, Realimentação de Estados Estimados e GMV, **XXVII Seminário de Iniciação Científica da UFPA**. 2016.
- OLIVEIRA, R. R. **Uso do Microcontrolador ESP8266 para Automação Residencial**, 42 f. Trabalho de Conclusão de Curso. Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. 2017.
- RIGHETTI, S. Crise nas universidades, **Ciência e Cultura**, 69(2), 6-8. 2017.
- ROCHA, J. N., & MARANDINO, M. Museus e centros de ciências itinerantes: possibilidades e desafios da divulgação científica. **Revista do EDICC-ISSN 2317-3815**, 3(3). 2017.
- VARGHESE, A., & TANDUR, D. Wireless requirements and challenges in Industry 4.0. **Proceedings of 2014 International Conference on Contemporary Computing and Informatics**, IC3I 2014, 634–638. 2014.
- WAN, J., TANG, S., SHU, Z., LI, D., WANG, S., IMRAN, M., & VASILAKOS, A. V. Software-Defined Industrial Internet of Things in the Context of Industry 4.0. **IEEE Sensors Journal**, 16(20), 7373–7380. 2016.
- YULIANDOKO, H., WARDHANY, V. A., PRAMONO, S. H., & SIWINDARTO, P. Design of flooding detection system based on velocity and water level DAM with ESP8266. **2nd International conferences on Information Technology, Information Systems and Electrical Engineering (ICITISEE)** (pp. 396-401). 2017.

DATA ACQUISITION SYSTEM IN MATLAB USING WI-FI™ COMMUNICATION BY NODEMCU (ESP8266)

Abstract: *This paper describes the development of a data acquisition system in Matlab using the ESP8266 device being programmed through the Arduino IDE. The system is based on sending and receiving data, which results in the use of only two functions in the code in Matlab: a function incubated for reading the data from sensors coupled to the NodeMCU 1.0 board and a function incubated to upload signals to actuators. The performance of the system was tested experimentally by data acquisition of a second-order circuit. The developed system showed satisfactory results in performance and in accordance with the goals of linking Wi-Fi technology to the educational context and to globalization 4.0.*

Key-words: Control system. ESP8266. Education software. Data acquisition. Wi-Fi.