

Desenvolvimento de Sistema de Automação Residencial baseado nos princípios da Indústria 4.0 visando Eficiência Energética

Resumo: Englobando Internet das Coisas e Computação em Nuvem, dois princípios da Indústria 4.0 - a qual está intimamente ligada a globalização 4.0 - este trabalho descreve a etapa de prototipação de um trabalho de conclusão de curso que se encontra em desenvolvimento, onde o projeto consiste em um sistema de automação residencial para o controle do circuito de iluminação, utilizando tecnologias que tenham baixo consumo energético, como o microcontrolador ESP32, que possui WiFi e Bluetooth Low Energy, o que possibilita que o sistema tenha dual comunicação. Permitindo que o morador possa controlar o sistema de iluminação da sua casa, tanto presencialmente, quanto remotamente, visando diminuir o desperdício de energia e conseqüentemente promovendo a Eficiência Energética. A fase de prototipação foi importante para verificar as falhas, realizar melhoria e validar o funcionamento do projeto.

Palavras-chave: Automação Residencial. Computação em Nuvem. Eficiência Energética. Indústria 4.0. Internet das Coisas.

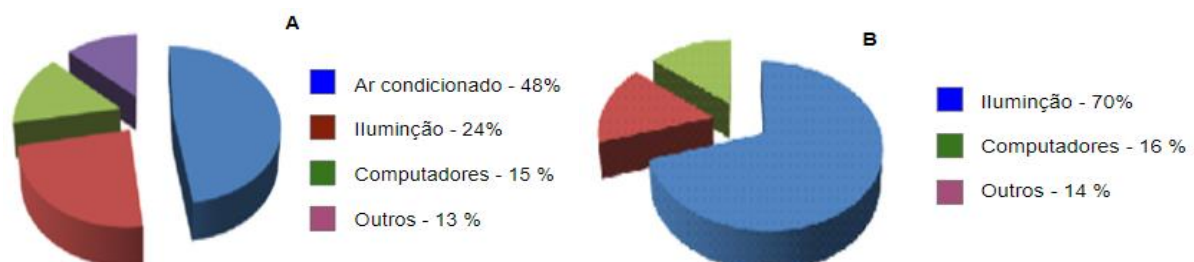
1 INTRODUÇÃO

Estamos presenciando A Quarta Revolução Industrial, também conhecida como Indústria 4.0 (I4.0), a qual tem entre seus principais princípios A Internet das Coisas (IoT) e a Computação em Nuvem (CC) (PRANAB K. MUHURIA, 2019). Na IoT temos qualquer objeto da face da terra conectado à internet e na CC os serviços de computação estão na internet (MOHAMMED, 2014). Esses conceitos possibilitam “coisas” e ambientes mais inteligentes como, por exemplo, as Smart Homes (SH), que são compostas por várias tecnologias e sistemas de automação.

Uma SH além de ser inteligente também precisa ser eficiente energeticamente, para isso uma medida que pode ser realizada é automatizar o Circuito de Iluminação (CI) para controlar o acionamento (liga/desliga) das lâmpadas e evitar o desperdício de energia. O CI está presente em praticamente todas as casas e consomem cerca de 24% da energia em uma residência - nos horários de ponta de 17:00 às 22:00 h - e quando a casa não tem aparelhos de ar condicionado esse consumo aumentar para 70% (EFICIÊNCIA MÁXIMA, 2019).

Figura 1 – Perfil de consumo de energia elétrica em uma edificação.

A) Com ar condicionado. B) Sem ar condicionado.



Fonte: Eficiência Máxima - Adaptado.

Automatizar o acionamento da iluminação pode evitar que luzes fiquem ligadas desnecessariamente, pois o esquecimento é um dos principais motivos para que isso aconteça. Esse fato é confirmado através do estudo Consciência e Práticas de Consumo de Energia nos lares da América Latina, onde mostra que o Brasil, comparado com México e Colômbia, é o segundo país em que mais se deixa as luzes acesas desnecessariamente, somando até 1,5 horas de consumo inútil diariamente (LUTRON, 2016).

O ato de desligar as luzes, apesar de parecer uma simples ação é primordial para diminuir o desperdício de energia, pois segundo Muratori e Bó (2013), no livro Automação Residencial, “quando luzes que ficariam acesas de forma desnecessária são apagadas, geramos economia!”. Essa economia é tanto em relação a demanda de energia, quanto de dinheiro, visto que, o gasto econômico com energia elétrica no setor residencial brasileiro não é dos menores. Em um estudo realizado pela Associação Brasileira de Distribuidores de Energia Elétrica (ABRADEE), tendo como base o ano de 2017, o Brasil tinha a 14ª tarifa residencial mais cara, entre os 28 países-membros da Agência Internacional de Energia (AIE), e ocupava o segundo lugar em relação à carga tributária.

Analisando a nível nacional, as tarifas de energia no estado do Para – estado onde o projeto foi desenvolvido – sempre esteve entre as mais caras do Brasil. Em 2014 e 2018 Belém, capital do estado do Pará, chegou ao patamar da tarifa mais cara do país (O LIBERAL, 2014), (MAB, 2018). Hoje (2019) o estado ocupa a 10ª posição no ranking nacional de tarifas residenciais (grupo B1), com o valor de R\$/kWh 0.67098, chegando à custa R\$/kWh 1.361 no horário de ponta com bandeira branca (ANEEL, 2019).

Mediante a esses fatos, desenvolver um sistema de automação residencial para o controle da iluminação possibilita que o morador tenha maior controle para ligar e desligar as luzes de sua casa tanto presencialmente, quanto remotamente, levando a diminuição do consumo de energia e demonstrando que a Eficiência Energética (EE) pode ser alcançada através da utilização de aplicações e princípios como esses abordados neste trabalho.

2 PRINCÍPIOS DA I4.0

Veremos nos subtópicos os dois princípios da I4.0 utilizados neste trabalho:

2.1 Internet das Coisas - IoT

A IoT é um universo onde tudo e todos estão conectados a internet através de sensores de forma que objetos e ambiente se tornam mais inteligentes, os dados gerados podem ser usados para tomar decisões ou ações mais assertivas e tudo isso de forma que nem percebemos. Schwab (2016) descreve a IoT - em seu livro chamado A Quarta Revolução Industrial - como o relacionamento entre as coisas (produtos, serviços, lugares etc.) e as pessoas que se torna possível por meio de diversas plataformas e tecnologias conectadas.

Em um mundo globalizado, onde tudo está conectado, a IoT surge justamente como forma de realizar está conexão. A *International Telecommunication Union* (ITU, 2012) diz que a IoT permite serviços avançados através da interconexão (física e virtual) das coisas, usando tecnologias de informação e comunicação interoperáveis existentes e em evolução.

Por tanto, constatamos que o segredo da IoT é a conexão tanto dos objetos, serviços e pessoas, quanto das tecnologias que estão sendo utilizadas. Quando tudo está conectado é muito mais fácil estabelecer uma comunicação, gerar informações, usá-las de forma adequada, e gera o que é chamado de tecnologias disruptivas, sejam elas dispositivos, produtos ou serviços.

Porém a IoT não é apenas conectar as "coisas" a internet. Magrani (2018) diz que a IoT é muito mais que uma geladeira conectada. É a progressiva automatização de setores inteiros da economia e da vida social com base na comunicação máquina-máquina. Sabemos que a automatização facilita a nossa vida e quando aplicada ao setor residencial, além de facilitar ela também proporciona conforto, bem-estar e qualidade de vida para o morador. Logicamente, que para todo esse processo de automatização seja possível, é preciso que a comunicação seja efetiva, como diz Magrani.

Apesar do termo IoT ter surgido em 1999, com Kevin Ashton, o seu conceito veio antes, em 1991 com Mark Weiser, porém com outro nome: Computação Ubíqua. Ele disse em seu artigo chamado O computador do século 21 que "[...] as tecnologias mais profundas são aquelas que desaparecem. Elas se tecem no tecido da vida cotidiana até que eles sejam indistinguíveis disso" (WEISER, 1991). Ele estava certo, as tecnologias se tornaram tão presentes em nossas vidas que nem percebemos que elas estão ali e que estamos usando-as. Porém, se porventura alguma delas parar ou faltar, a sua ausência é imediatamente percebida, demonstrando o quão dependente estamos delas. A exemplo disso, podemos citar a internet e o tão popular aparelho celular, essas duas tecnologias se tornaram de suma importância para a humanidade. É quase impossível vivermos sem elas hoje, são ferramentas que além de facilitar a comunicação, também ajudam a promover ainda mais a globalização 4.0.

Logo, com a conexão e comunicação entre as "coisas", a automatização de processos e onipresença da IoT, é possível alcançar justamente os objetivos da Globalização 4.0, o qual visa o compartilhamento do conhecimento, tecnologia, produtos e serviços. Por fim, chegamos à síntese de que a IoT é um conceito que possibilita um mundo onde tudo e todos estão conectados, unindo o mundo físico ao virtual, gerando aplicações, serviços e ambientes mais "inteligentes".

2.2 Computação em Nuvem - CC

Na CC temos um aparato de serviços de computação oferecidos na internet – a qual é chamada de "nuvem" – a quantidade desses serviços é dimensionada de acordo com o tipo de aplicação ou usuários e podem ou não serem pagos. No caso dos serviços pagos, em geral, só é cobrado a quantidade de uso. Tais serviços podem ser servidores, banco de dados, espaço para armazenamento, redes, programas de análises, inteligência, entre outros. Ferreira (2014) descreve a CC como um conceito e modelo de utilizar recursos e serviços, que tem gerado enorme impacto na indústria da Tecnologias de Informação (TI).

Uma das concepções mais disseminadas em relação a CC vem do *National Institute for Standards in Technology* (NIST), dos Estados Unidos, que aborda o tema de forma bastante técnica, dizendo que tal paradigma é composto de cinco características essenciais: autosserviço sob demanda; amplo acesso à rede; *pool* de recursos; elasticidade rápida; serviços mensurados. Além disso, também é destacado três modelos de serviço: *Software* como Serviço (SaaS); plataforma como serviço (PaaS); e Infraestrutura como serviço (IaaS) (MELL e GRANCE, 2011).

A diversidade de recursos e serviços ofertados, é o grande benefício da CC. Existe a possibilidade de alugar a infraestrutura de TI, ter um ambiente sob demanda para desenvolvimento, teste, fornecimento e gerenciamento de aplicativos, *backup* de dados, programas que podem ser executados *online* sem a necessidade de instalar localmente ocupando espaço e processamento. Para as empresas, isso diminui custos tanto operacionais, quanto de infraestrutura. Ela também está revolucionando a forma como utilizamos os recursos de computação, as aplicações e armazenamos dados. Um exemplo clássico disso, somos nós usuários finais, a forma como ouvimos, vemos e salvamos nossas músicas, fotos e vídeos hoje em dia: está tudo na "nuvem".

Integrar a CC a IoT provoca ganhos notórios em relação ao uso desses recursos e serviços em nuvem. Aazam (2014) chama essa união de *Cloud of Thing* (CoT) ele destaca a questão da EE dos dispositivos, como um dos principais problemas que inviabilizam essa integração. Por isso, é importante que além do desenvolvimento de sistemas que sejam eficientes energeticamente, como o modelo apresentado nesta proposta.

Logo, como vimos, os recursos e serviços oferecidos pela CC são inúmeros, a vantagem de serviços sob demanda e o pagamento dos mesmos também é algo a se destacar. Por fim, a CC somada a IoT tem ganhos ainda mais significativos para ambas as partes.

3 METODOLOGIA E TECNOLOGIAS UTILIZADAS

Como o presente trabalho encontra-se em fase de desenvolvimento, uma das etapas do projeto é a prototipação do sistema que se pretende desenvolver, e é essa etapa que será apresentada neste artigo. A ideia consiste em: quando o morador estiver na sua residência irá se conectar pelo BLE para enviar os comandos para o sistema e caso esteja ausente a comunicação se dará via WiFi por intermédio da nuvem.

ESP 32

Lançado em 2016, o microcontrolador ESP32 é, atualmente, um dos módulos mais indicados para uso em IoT. Desenvolvido pela Espressif, empresa chinesa, possui excelentes recursos e baixo preço, um dos principais recursos a se destacar é a presença de duas interfaces para a comunicação: WiFi e Bluetooth. Porém, não é apenas o Bluetooth Clássico, mas também o BLE, versão 4.2, o qual tem baixíssimo consumo de energia, segundo o datasheet da própria fabricante, o seu típico consumo para transmitir e receber dados é - respectivamente - 130 e 100 mA. Dentre outros recursos, temos: processador Dual-Core de 32-bit; sensor de temperatura interno, que permite monitorar a temperatura do microcontrolador; sensor touch; 36 GPIOs, dos quais 18 pinos são DAC (ESPRESSIF, 2019). Além desses recursos também é possível utilizar a IDE do Arduino, explorando suas funções e bibliotecas mais comuns, para realizar a sua programação, logo é outra funcionalidade que garante praticidade. O modelo do módulo desenvolvimento usado para esta fase do projeto é o DOIT ESP32 - DevKitC V1, produzido pela DOIT.

Figura 2 – Placas de desenvolvimento DOIT ESP32
DEVKIT V1.

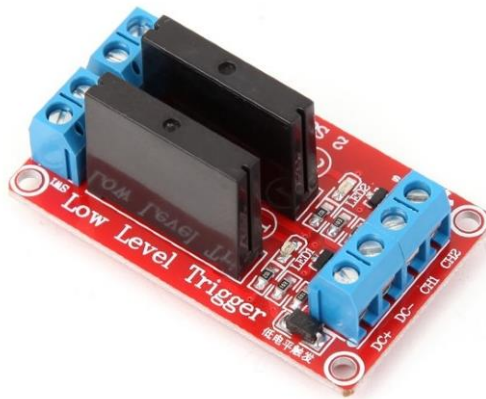


Fonte: DOIT.

3.1 Relé de Estado Sólido

É bastante usual utilizar relés para o acionamento de cargas, principalmente, em circuitos de iluminação, porém os relés eletromecânicos são menos eficientes para aplicações como a apresentada neste trabalho, porque eles que fazem frequentes chaveamentos, geram arcos voltaicos (faíscas) no momento de abertura ou fechamento, fazem ruídos e tem menor vida útil em relação aos Relés de Estado Sólido (Solid State Relay- SSR). Por isso, optou-se em utilizar SSR, os quais não possuem componentes mecânicos, não geram arcos voltaicos, não produzem ruídos, sua durabilidade e velocidade de comutação são maiores e são mais aptos para aplicações que exijam maiores frequências de chaveamento (WESTE SOLUTIONS). O módulo utilizado nesse projeto é de 2 canais, são ativados em estado lógico baixo (LOW), com tensão de operação de 5V e foram utilizados 4 módulos, totalizando 8 relés, onde 7 foram destinados aos pontos de luz e um para uma tomada.

Figura 3 – Peças produzidas pelos estudantes para determinação do baricentro.



Fonte: Filipe Flop.

3.2 Aplicativos

Como o app para comandar o sistema, ainda se encontra em fase desenvolvimento, e as comunicações WiFi e BLE ainda não estão unificadas em um só código de programação no módulo do ESP32, estamos utilizando duas aplicações - gratuitas - já prontas, para a essa fase de prototipação, são eles: o BLE Scanner e o WebSocket da CloudMQTT. Padronizou-se os comandos de “ligaX” ou “desligaX”, onde “X” deve ser substituído por um número de 1 a 8 que corresponde ao número de um relé.

Ble Scanner

Quando o usuário está em sua residência, ele pode se conectar ao sistema pelo BLE, para isso foi utilizado o app BLE Scanner, o qual é capaz de anunciar e procurar dispositivos BLE, adicionar serviços e características, e escrever. Assim, como o módulo ESP32 já está devidamente programado com o dispositivo nomeado como “ESP32-BLE”, o serviço e as características definidas, o usuário apenas deve se “parear” a ele através do app e “escrever” o comando que deve ser enviado.

CloudMQTT

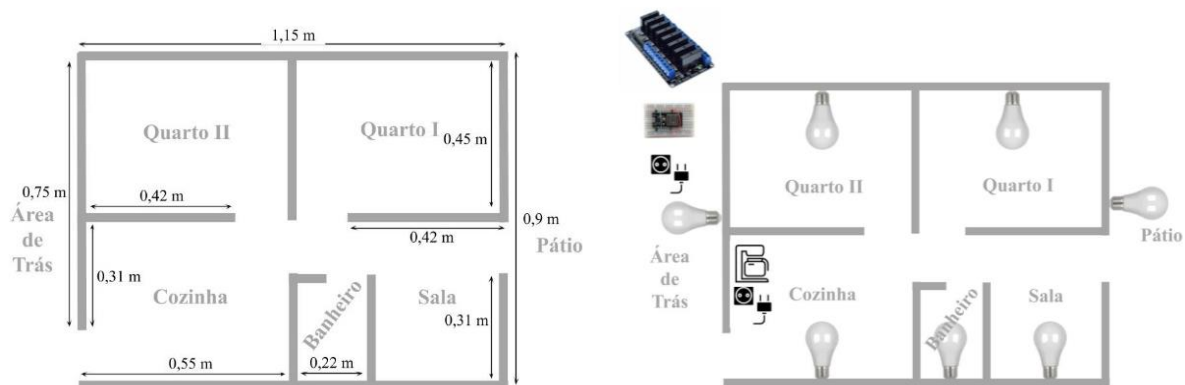
A CloudMQTT é uma plataforma voltada para IoT, baseada no protocolo MQTT acrônimo de Message Queuing Telemetry Transport (Transporte de Telemetria do Serviço de Enfileiramento de Mensagens), esse protocolo é para o envio e recebimento de mensagens extremamente simples, isso faz com que ele seja leve e ideal para o cenário de IoT (CLOUMQTT). O seu funcionamento ocorre da seguinte forma: quando um elemento da rede deseja receber uma determinada informação, ele realiza a subscrição (subscriber) em um determinado tópico (topic), e quando quer enviar é feita a publicação (publish), também em um tópico. Porém, é preciso que haja um intermediador para realizar essa troca de informações, entra em cena o broker, o qual fica localizado na nuvem.

A CloudMQTT, oferece um broker, um *Websocket* para exibir mensagens enviadas do dispositivo para o navegador ou publicar mensagens do navegador no dispositivo. Aqui também, o módulo da ESP32 já está previamente programado, bastando o usuário logar na sua conta da CloudMQTT pelo seu navegador, abrir a janela "*Websocket*" e publicar o comando no tópico "casa/lampadas", assim o usuário consegue ter o controle sobre o sistema mesmo quando não está presencialmente em sua casa, ou seja, remotamente - de qualquer lugar do mundo.

3.3 Maquete da casa

Buscou-se reproduzir de forma mais real possível o modelo de uma casa popular, desde divisão dos cômodos, até o seu circuito de iluminação. A maquete montada possui as seguintes dimensões: 1.15 m de comprimento, 0.9 de largura e é composta pelos seguintes cômodos: sala, cozinha, banheiro, quarto 1, quarto 2, além do pátio e a área de trás.

Figura 4 – Planta baixa da maquete.



Fonte: Autores.

O material utilizado para a construção da maquete foi o compensado. Além disso, foram adotadas algumas estratégias de EE desde o protótipo, como pintar as paredes de branco, a fim de refletir mais a luz e usar lâmpadas de LED. O circuito elétrico foi composto por fio elétrico de 1.5 mm, 7 (sete) receptáculos, 7 (sete) lâmpadas LEDs de 9W e 2 (duas) tomadas, das quais era para a energização do circuito com a tensão da rede elétrica de 120 V e a outra localizada no cômodo que representa a cozinha, onde foi colocada uma cafeteira. A versão

final do protótipo pode ser vista na Figura 3 abaixo.

Figura 5 – Versão final da maquete.



Fonte: Autores.

4 RESULTADOS

Na etapa de prototipação podemos verificar as falhas, promover melhoria, validar o seu funcionamento e demonstrar que futuramente será possível a instalação desse sistema em casas reais, pois ele apresenta o mínimo de intervenção possível no circuito elétrico da casa, porque a estrutura elétrica já instalada é aproveitada, fazendo-se necessário apenas a inclusão dos módulos de relés, juntamente com o módulo ESP32 e os app. O resultado final do protótipo pode ser visto abaixo.

Figura 6 – Versão final do protótipo.



Fonte: Autores.

5 CONCLUSÃO

Logo, os princípios da I4.0 abordados, as tecnologias que foram utilizadas, e a etapa de prototipação, demonstraram que é possível desenvolver dispositivos eficientes energeticamente, que dê maior controle ao sistema de iluminação ao morador, permitindo minimizar o CE com a iluminação, conseqüentemente diminuir o valor das faturas de energia e por fim promover a EE

Agradecimentos

Os autores agradecem o professor orientador pelo incentivo e apoio. Agradecemos, a Universidade Federal do Pará (UFPA), a Pró-Reitoria de Extensão (PROEX). Agradecemos também, ao Centro de Excelência em Eficiência Energética da Amazônia (CEAMAZOM) e mais especificamente aos nossos colegas do laboratório LCADE.

REFERÊNCIAS

AAZAM, M. et al. **Cloud of Things: Integrating Internet of Things and Cloud Computing and the Issues Involved**. 11th International Bhurban Conference on Applied Sciences & Technology (IBCAST). Islamabad, Paquistão: IEEE. 2014.

ANEEL. ANEEL. **Site da ANEEL**, 2019. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/ranking-das-tarifas>>. Acesso em: 28 Abril 2019.

CLOUDMQTT. **Hosted message broker para a IoT**. Disponível em: <<https://www.cloudmqtt.com/>>.

EFICIÊNCIA MÁXIMA. **Perfil de consumo de energia elétrica em uma residência**, 2019. Disponível em: <<http://www.eficienciamaxima.com.br/perfil-de-consumo-de-energia-eletrica-em-uma-residencia/>>.

ESPRESSIFIC. **Datasheet ESP32-WROOM**, 2019. Disponível em: <https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32-wroom-32_datasheet_en.pdf>. Acesso em: 2018.

FERREIRA, A. M. **Introdução ao Cloud Computing. IaaS, PaaS, SaaS, Tecnologia, Conceito e Modelos de Negócio**. 1ª. Ed. Belo Horizonte: FCA, 2014.

FILIFE FLOP. **Módulo Relé de Estado Sólido SSR 2 Canais 5V**. Site de compras do Filipe Flop. Disponível em: <<https://www.filipeflop.com/produto/modulo-rele-de-estado-solido-ssr-2-canais-5v/>>. Acesso em: 13 Fevereiro 2019.

ITU. **Overview of the Internet of things**, 2012. Disponível em: <<https://www.itu.int/ITU-T/recommendations/rec.aspx?rec=y.2060>>. Acesso em: 2018.

LUTRON. **Conciencia y prácticas de consumo energético en los hogares de Latinoamérica**, 2016. Disponível em: <<http://www.lutron.com/TechnicalDocumentLibrary/research-strudy-brasil.pdf>>.

MAB. **Celipa (PA) cobra a energia elétrica mais cara do Brasil**, 2018. Disponível em: <<http://www.mabnacional.org.br/noticia/celipa-pa-cobra-energia-el-trica-mais-cara-do-brasil>>. Acesso em: 28 Abril 2019.

MAGRANI, E. **A internet das coisas**. 1ª. ed. Rio de Janeiro: FGV Editora, 2018.

MURATORI J.R. E BÓ, P. H. D. **Automação Residencial Conceitos e Aplicações**. 2ª Edição. ed. [S.l.]: Educere, 2013.

O LIBERAL. ORM News. **Tarifa elétrica da Celpa é a mais cara do Brasil**, 2014. Disponível em: <<http://www.ormnews.com.br/noticia/tarifa-eletrica-da-celpa-e-a-mais-cara-do-brasil-1>>. Acesso em: 28 Abril 2019.

PETER MELL, T. G. **The NIST Definition of Cloud Computing**. NIST, 2011. ISSN 800-145. Disponível em: <<https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/Legacy/SP/nistspecialpublication800-145.pdf>>.

PRANAB K. MUHURIA, A. K. S. E. A. A. **Industry 4.0: A bibliometric analysis and detailed overview**. Engineering Applications of Artificial Intelligence, v. 78, n. Elsevier, p. 218-235, Fevereiro 2019.

SCHWAB, K. **A Quarta Revolução Industrial**. 1ª. ed. São Paulo: Edipro, 2016.

WEISER, M. **The Computer for the 21st Century**. Scientific American Ubicomp, p. 8.

WESTE SOLUTIONS. **Quais as vantagens e desvantagens do relé de estado sólido?**. Disponível em: <<https://www.west-cs.com.br/blog/vantagens-desvantagens-rele-de-estado-solido/>>.

DEVELOPMENT OF A RESIDENTIAL AUTOMATION SYSTEM BASED ON INDUSTRY 4.0 AIMING AT ENERGY EFFICIENCY

Abstract: *Encompassing Internet of Things and Cloud Computing, two principles of Industry 4.0 - which is closely linked to globalization 4.0 - this paper describes the prototyping stage of a course completion work that is under development, where the project consists of a residential automation system to control the lighting circuit using energy-efficient technologies such as the ESP32 microcontroller that features WiFi and Bluetooth Low Energy, which enables the system to have dual communication. Allowing the resident to control the lighting system of their home, both in person and remotely, in order to reduce energy wastage and consequently promoting Energy Efficiency. The prototyping phase was important to verify the failures, perform improvement and validate the operation of the project.*

Key-words: *Home automation. Cloud computing. Energy Efficiency. Industry 4.0. Internet of Things.*