

## **SISTEMA DE ILUMINAÇÃO INTELIGENTE - APLICAÇÃO DOS CONCEITOS DE SMART SPACES E INTERNET DAS COISAS**

ARIANGELO HAUER DIAS<sup>1</sup>, ARIANGELO HAUER DIAS FILHO<sup>2</sup>, CAIO DA SILVA DIAS<sup>3</sup> e DIERONE CESAR FOLTRAN JUNIOR<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Dr. Automação Agrícola, Prof. Assoc. Depto. de Informática, UEPG, Ponta Grossa-PR, ariangelo@gmail.com;

<sup>2</sup>Estudante de Mestrado em Ciências dos Materiais, UEPG-PR, Ponta Grossa-PB, ariangelofilho@gmail.com;

<sup>3</sup>Estudante de Graduação em Eng. De Computação, UEPG, Ponta Grossa-PR, caiodasilvadias@gmail.com;

<sup>4</sup>Msc. Ciências, Prof. Assist. Depto. de Informática, UEPG, Ponta Grossa-PR, dcfoltran@gmail.com

**RESUMO:** A Internet das Coisas – IoT pode ser considerada uma crescente rede de dispositivos utilizados diariamente, onde é possível controlar e monitorar, desde máquinas industriais a bens de consumo. A característica mais impressionante disso é a facilidade de compartilhar informações e o consequente monitoramento de tarefas. Considerando que a IoT pode ser composta por um número incalculável de sensores e dispositivos de controle que geram fluxos de dados contínuos, a IoT pode ser usada para melhorar o desempenho das atividades, sejam pessoais ou comerciais. Considerando que, as casas inteligentes estão conquistando cada vez mais espaço nesse novo cenário de uso, os novos projetos combinados ao controle de espaços inteligentes assumem uma dimensão totalmente nova. A conectividade apresenta oportunidades e riscos, especialmente em termos de segurança, criando desafios que devem ser considerados ao se projetar soluções. Robustez e confiabilidade são elementos essenciais e devem ser considerados nas soluções de automação de espaços, residenciais ou industriais, juntamente com uma boa relação custo-benefício. Analisando especificamente o tema proposto neste trabalho, é necessário controlar e monitorar sistemas de iluminação em cenários configuráveis de acordo com a necessidade de uso, garantindo assim boas condições para a apropriação de todas as vantagens da IoT e do conceito de espaços inteligentes.

**PALAVRAS-CHAVE:** casa inteligente, micro serviços, sistema de supervisão inteligentes.

### **INTELLIGENT LIGHTING SYSTEM - APPLICATION OF THE CONCEPTS OF SMART SPACES AND INTERNET OF THINGS**

**ABSTRACT:** The Internet of Things – IoT can be considered as a growing network of devices used daily, where it is possible to control and monitoring, since industrial machines to consumer goods. The most striking feature of this is the ease of sharing information and consequent monitoring of tasks. Considering that the IoT can be composed of an incalculable number of sensors and control devices that generate continuous data flows, the IoT can be used to improve the performance of activities, whether personal or business. Considering that, smart houses are reaching more and more space in this new usage scenario, the new projects combined with the control of smart spaces assume a totally new dimension. Connectivity presents both opportunities and risks, especially in terms of security, creating challenges that must be considered when designing projects. Robustness and reliability are essential elements and must be considered in space automation solutions, whether residential or industrial, together with a good cost-benefit ratio. Analyzing specifically the theme proposed in this work, there is a need to control and monitor lighting systems in scenarios that can be configurable according to the need for use, thus ensuring good conditions for the appropriation of all the advantages of the IoT and the concept of smart spaces.

**KEYWORDS:** smart home, micro services, intelligent supervision system.

### **INTRODUÇÃO**

Um sistema de controle de iluminação inteligente é uma solução baseada na utilização de uma rede de sensores e atuadores que incorpora a comunicação entre as várias entradas e saídas

relacionadas com o controle de iluminação. Os controles de iluminação são amplamente utilizados em iluminação de interiores e exteriores em espaços comerciais, industriais e residenciais.

A principal vantagem de um sistema de iluminação inteligente, em relação ao manual convencional é a capacidade de controlar luzes ou grupos de luzes individuais a partir de um único dispositivo de interface do usuário, que permite o controle de cenários de iluminação complexos. Por exemplo, um escritório pode ter vários cenários pré-definidos, cada um criado para diferentes atividades nesse ambiente, reduzindo e otimizando o consumo de energia, além do fato de aumentar a vida útil dos elementos do sistema de iluminação. Desta forma, os sistemas inteligentes representam um bom caminho que permite minimizar e preservar o uso de energia.

Galasiu & Newsham (2009) confirmaram que os sistemas de iluminação automática, incluindo sensores de ocupação e controles individuais, são adequados para ambientes de escritório em plano aberto e podem economizar uma quantidade significativa de energia (cerca de 32%) quando comparada a um sistema de iluminação convencional.

Considerando estes elementos o presente trabalho tem por objetivo analisar os aspectos construtivos e de projeto para o desenvolvimento de um sistema de iluminação inteligente. O sistema proposto deve ser capaz de controlar um sistema de iluminação baseado no desenvolvimento de ferramentas para atender os seguintes pontos:

- Sistema de coleta de dados no ambiente a ser controlado ou assistido.
- Transmissão destes dados utilizando o protocolo de comunicação com a internet
- Sistema de gerenciamento com armazenamento de dados em banco de dados noSQL
- Utilização de uma plataforma de rede para aplicações distribuídas de Micro serviços

## MATERIAL E MÉTODOS

A ideia principal do projeto concentra-se na criação de um sistema de iluminação inteligente baseado no uso de um sistema microcontrolado de gerenciamento e controle de fluxo de informações. Para o desenvolvimento de um sistema capaz de criar as condições de gerenciamento, foram necessários os seguintes elementos:

O sistema de controle foi desenvolvido utilizando-se a linguagem de programação Python (PYTHON, 2020) na sua versão 3.7.

Como gerenciador do sistema foi adotado um módulo central baseado na conectividade do *Raspberry Pi3* (RASPBERRY, 2019). Este dispositivo é responsável pelo gerenciamento e pela distribuição de micro serviços que garantem o armazenamento dos dados no banco de dados *noSQL* – *MongoDB* (MONGODB, 2020).

No *Raspberry Pi3* se instalou o sistema *Crossbar.io* (CROSSBAR, 2020). O *Crossbar.io* é uma plataforma de rede de código aberto que se utiliza em aplicativos distribuídos e de micros serviços. É uma implementação com muitos recursos de conectividade, escalável, robusta e segura do *WAMP* (*Web Application Messaging Protocol*). O *WAMP* é um protocolo roteado, com todos os componentes conectados a um roteador *WAMP*, no qual é realizado o roteamento de mensagens entre os clientes *WAMP*. O *WAMP* fornece dois padrões de mensagens: o *Publicar* e *Assinar*, e a *Chamada de Procedimento Remotos Roteados*. O *WAMP* é um subprotocolo *WebSocket*, o que significa a possibilidade de integração com navegadores *web*, ampliando as possibilidades de controle. Além disso, ele também pode executar qualquer transporte orientado a mensagens, de forma confiável e bidirecional, como *TCP*, *socket* de domínio *Unix*, entre outros.

Para geração de um aplicativo que pudesse ser acessado via remota, ou seja pela internet, se utilizou a linguagem de programação *reactJS* (REACTJS, 2020) que permite a criação de interfaces homem máquina interativas e de fácil utilização, pois a sua lógica de funcionamento é baseada em componentes com escrita no padrão *JavaScript* (JAVASCRIPT, 2019). A utilização destes elementos permite o gerenciamento e controle do sistema no nível de programação dos dispositivos utilizados, com o objetivo de manutenção da conectividade e gerenciamento das informações obtidas.

Já no lado dos dispositivos de controle e acionadores se utilizou os seguintes elementos: relês de impulso *Finder*, no caso específico deste projeto se adotou os relês *Finder serie 26* (FINDER, 2019) na sua configuração *1NA + 1NF* com tensão de bobina de 230v corrente alternada. A escolha deste modelo foi baseada na possibilidade de trabalhar com dois sistemas independentes de alimentação, um para controle do sistema físico de iluminação com tensão de 127v corrente alternada e outro para o monitoramento do estado do sistema com tensão de 5v corrente contínua (nível *TTL*). A utilização

deste sistema permite conexão direta com as portas lógicas do *Raspberry Pi3* apenas utilizando um divisor de tensão para reduzir a tensão ao nível lógico de 3,3v que é a tensão de trabalho das portas de entrada e saída do *Raspberry Pi3*. Como atuadores, além dos interruptores de pulso normais de acionamento manual (instalados nas caixas de tomadas na parede), também foram utilizados relês simples de 5v corrente contínua, em interfaces de 8 unidades, que se integraram ao sistema de computação para acionar os relês de impulso via comandos do próprio computador. Com a mudança de paradigma também foi acoplada ao sistema uma fonte de 5v-10a para alimentar o sistema de informações dos relês de impulso.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pelos resultados obtidos, observa-se que a utilização de sistemas de controle inteligentes para controle de iluminação mostra-se uma tendência de futuro com grande potencial de robustez, confiabilidade e economicamente viável, principalmente com a utilização de tecnologias de plataforma aberta, apesar disso ainda representar um fator de dúvida perante as empresas em geral, pelo fato de preservação de propriedade intelectual.

Após a análise do desempenho do sistema desenvolvido foi possível verificar que, apesar de o sistema ser considerado como de funcionamento automático, este ainda mantém as características de controle sem a necessidade do sistema de computação acoplado. Na prática isso significa que o mesmo pode continuar operando sem a necessidade do sistema de computação atuando. Apesar de parecer contraditório, pois não existe sentido em usar um sistema de iluminação no momento que se enfrenta uma queda de energia, porém, a análise é bem mais complexa quando aplicamos o conceito de internet das coisas, pois é necessário termos conectividade, banco de dados e um sistema em nuvem funcionando para manter as características da proposta do sistema inteligente, preconizado pelo conceito de *smart spaces*. Tal funcionalidade é possível com a utilização do relê de impulso que garante, por meios mecânicos, a manutenção do estado do sistema, além desta característica o relê de impulso pode ser controlado facilmente por vários interruptores de pulso, no caso do projeto em questão foram utilizados interruptores do tipo minuteria e relês acoplados ao sistema de computação. Se o sistema de computação não estiver operante os interruptores de pulso continuam funcionando garantindo assim a operacionalidade do sistema.

Por outro lado na análise de desempenho e funcionamento do sistema de computação é possível observar que o sistema em questão apresenta confiabilidade e robustez suficientes para desempenhar a função de controle e supervisão do sistema de iluminação inteligente. O *hardware* adotado, o *Raspberry pi3*, além de ser um equipamento de baixo custo, preço na ordem de US\$ 50,00, funciona como um micro computador, no qual é possível utilizar teclado, mouse, monitor, possui conectividade de rede WiFi, LAN (RJ45) e 28 GPIO (*General Purpose I/O*), além do fato de ser possível executar uma versão específica do sistema operacional *Linux*, e em alguns casos o *Windows* na sua versão IoT. A linguagem de programação *Python*, na sua versão 3.7, além de curva de aprendizagem pequena, mantém similaridades com as principais linguagens de programação do mercado, é de plataforma aberta e não representou nenhum custo adicional ao projeto. A outra linguagem de programação utilizada, o *ReactJS*, também é de plataforma aberta e deriva da já consagrada linguagem de programação *JavaScript*, que a exemplo do *Python*, também deriva de linguagem conhecida pela comunidade de programadores, que no caso do *JavaScript*, deriva da linguagem de programação *ECMAScript* (ECMAS, 2019).

O banco de dados escolhido foi o *MongoDB*, que no projeto utilizou a versão distribuída gratuitamente para comunidade, apesar de possuir uma versão *Enterprise*, a qual é paga e serve para atender grandes corporações, que não foi o caso do projeto aqui apresentado. A principal característica do *MongoDB* é ser considerado *noSQL*, ou seja ele não é orientado à registros e arquivos, e sim a documentos e coleções de documentos. Esta diferença se verifica na forma de armazenar os dados, em um todos são iguais em sua estrutura (SQL), e no outro é possível se ter dados de várias naturezas, não sendo obrigatório que sua estrutura seja igual. Esta característica se mostra muito adequada, principalmente na composição de cenários de iluminação, que em sua maioria, não seguem um padrão único.

Por último se tem a utilização do conceito de micro serviços, para execução das conexões entre os agentes do sistema. No modo convencional, solicitação (*request*) e resposta (*response*) todo o conteúdo da solicitação é informado no momento da necessidade da troca de informação. Já utilizando

os micro serviços, como o próprio nome sugere, apenas a informação unitária é requisitada ao sistema, este modo de operação garante ao sistema, minimização de troca de informação gerando um grando de velocidade nas respostas. Isso é de fundamental importância, pois como o sistema é em parte controlado pelo fluxo de informações na internet, não é possível admitir latência superior a 200ms, pois caso contrario, haveria o risco de perda da informação e consequente controle. Para execução do protocolo WAMP, responsável pelo gerenciamento dos micro serviços, se utilizou a plataforma Crossbar.io, que a exemplo das tecnologias usadas anteriormente também é de plataforma aberta, apesar de também possuir uma versão *enterprise*. Da mesma forma que os elementos citados anteriormente, esta tecnologia se mostra robusta e confiável, e é responsável por toda a integração do sistema de computação. Ela se constitui na ferramenta mais forte do conceito aqui abordado de internet das coisas, sem o gerenciamento dos micro serviços o sistema proposto não teria eficiência e funcionalidade. Na Figura 1 são mostrados os principais componentes do sistema de computação.

**Figura 1: Fluxo de trabalho do sistema**



Raspberry Pi3

Ferramentas utilizadas

Tela de saída do aplicativo de controle

Um dos grandes desafios deste trabalho foi o de controlar o maior número possível de dispositivos, como foi mencionado o *Raspberry Pi3* possui 28 *GPIOs*, o que em primeira análise apenas controlaria 14 dispositivos, pois para se integrar o sistema de controle e supervisor são necessários dois canais, um para o acionamento e outro para o monitoramento. Como a ideia inicial foi controlar 64 dispositivos foi necessário a criação de um sistema de multiplexação. Este sistema é mostrado na Figura 2 onde é possível observar o sistema de multiplexação de 64 + 64 canais, responsável pelo gerenciamento dos 64 relês de acionamento dos relês de pulso, e os 64 canais de monitoramento de resposta dos estado do relê de pulso, na figura também é mostrado o conjunto de 64 relês de pulso que foram divididos em 3 módulos e posteriormente conectados aos circuitos de iluminação e controle do sistema de computação.

**Figura 2: Painéis de relês de controle**



Sistema de multiplexação e relês de controle para acionamento dos relês de pulso



Sistema de acionamento dos circuitos de iluminação pelos relês de impulso

Foram analisados também os prós e contras da utilização deste tipo de sistema e resumidamente se observou que a utilização de sistemas inteligentes de controle gera muitos benefícios, como por exemplo: a facilidade de controle dos dispositivos que é um dos benefícios mais perceptíveis, pois tudo pode ser controlado e programado através de aplicativo. Mas além disso, se tem a otimização do tempo e a economia. As soluções inteligentes de controle tornam as aplicações mais sustentáveis e contribuem para a economia de energia e influenciam em mais pesquisa e desenvolvimento de tecnologias inteligentes com custo mais baixo, sempre aliadas a sustentabilidade. No caso deste projeto uma grande vantagem foi a possibilidade de utilização de ferramentas de plataforma aberta, o

que garantiu um custo muito baixo neste quesito do projeto, as despesas realizadas foram geradas pelo *hardware*, que apresentou nos relês de impulso o maior investimento, cerca de US\$ 12,00 por unidade, os demais itens utilizados podem ser considerados como os mesmos já utilizados na construção de um sistema de iluminação convencional.

As desvantagens existentes ficam por conta da segurança nos sistemas e também nas dificuldades na instalação. A segurança é um item crucial pois como trata-se de tráfego de informações pela internet, uma vez que todo fluxo de informações é via nuvem, muitos protocolos de segurança devem ser adotados. No aspecto dificuldade de instalação alguns pontos devem ser abordados, pois em alguns casos há a necessidade de reformulação do projeto elétrico, e o ideal é que isto seja feito no momento da construção, pois no caso do sistema proposto neste trabalho, o primeiro paradigma a ser modificado é o sistema de acionamento que ao invés do tradicional interruptor de liga e desliga, necessita de um interruptor de pulso. Num primeiro momento esta proposta se revela invasiva para sistemas já implantados, apesar de no mercado existirem soluções não invasivas, porém, que não criam o nível de controle proposto neste trabalho, pois alguns fornecedores vendem seus produtos e a hospedagem das configurações destes dispositivos é fornecida como parte do produto, o que dificulta a customização dos dispositivos e consequente controle do fluxo de dados.

Um aspecto importante a ser abordado é que com a característica de acionamento por pulso se agrega a possibilidade de integração com outros sistemas de controle, um exemplo muito interessante é o controle de acionamento por comando de voz, que atualmente encontra-se em grande evolução tecnológica.

## CONCLUSÃO

A utilização de sistemas de controle inteligente permite o gerenciamento e controle de uma forma eficiente e prática, garantindo a possibilidade de gerenciamento das informações de utilização do sistema, e a possibilidade de utilização de ferramentas para avaliar características de uso e novas configurações.

O controle e transmissão de informações pela internet se mostra adequado e garante ao sistema um nível de controle muito superior quando comparado ao sistema convencional, pois é possível executar comandos remotamente.

A utilização de sistemas de armazenamento de dados no padrão *noSQL* se mostra mais adequada às características de tipo de dado a ser armazenado por sistemas inteligentes, uma vez que estes podem ser utilizados no futuro para o treinamento de sistemas de inteligência artificial.

A utilização de plataformas com tecnologia de comunicação através de micro serviços se mostra extremamente adequada aos propósitos deste trabalho e foi fundamental no desempenho do sistema executado, pois possui velocidade e confiabilidade para gerenciar sistemas inteligentes de forma segura e robusta.

Considerando os resultados alcançados é possível propor como trabalhos futuros o aprimoramento dos sistemas de comando, principalmente no que diz respeito ao controle por comandos de voz, pois a característica do *hardware* obtido e dos *software* criados deixam aberta esta possibilidade.

## REFERÊNCIAS

- CROSSBAR. Disponível em: <http://crossbar.io/docs/Getting-Starts>. Acesso em 15 de fevereiro de 2020.
- ECMAS. Disponível em: <https://www.crockford.com/javascript/javascript.html>. Acesso em 28 de maio de 2019.
- FINDER. Disponível em: <https://www.findernet.com/pt-br/brazil/products/families/14/series/26>. Acesso em 20 de maio de 2019.
- Galasiu, A. D.; Newsham, G. R. Energy savings due to occupancy sensors and personal controls; A pilot study. In: Lux Europa 2009, 11th European Lighting Conference, Istanbul, Turkey, 2009.
- JAVASCRIPT. Disponível em: <https://www.javascript.com>. Acesso em 28 de maio de 2019.
- MONGODB. Disponível em: <http://www.mongodb.com>. Acesso em: 15 de fevereiro de 2020.
- PYTHON. Disponível em: <http://www.python.org/downloads>. Acesso em: 28 de abril de 2020.
- RASPBERRY. Disponível em: <http://www.raspberrypi.org/products>. Acesso em: 28 de maio de 2019.
- REACTJS. Disponível em: <https://pt-br.reactjs.or>. Acesso em 28 de abril de 2020.