

Sistema de Gestão de Energia Elétrica em Salas de Aula de uma Universidade Baseado em IOT

Electrical Energy Management System in University Classrooms Based on IOT

Gustavo Sabel,¹ Miguel Wisintainer,¹ Francisco Adel Péricas,² Mauro Marcelo Mattos²

¹Bacharel em Ciência da Computação
FURB – Universidade Regional de Blumenau
Blumenau, Brasil

²Departamento de Sistemas e Computação
FURB – Universidade Regional de Blumenau
Blumenau, Brasil

gustavo.sabel.gs@gmail.com, maw@furb.br Francisco pericas@furb.br, mattos@furb.br

Abstract. *Social responsibility is a way of managing a company by reconciling its economic objectives with the possible associated environmental and social impacts. In its origin, the purpose of a public university is not primarily economic. However, the proper management of economic resources allows to increase the dominance of the factors of creation of value of the same to the extent that the resulting economy contributes to the reduction of environmental impact in its origin because they allow to increase its capacity of investment in research and innovation. In the context of the present study, in addition to the economical aspect of financial resources, the adequate management of the consumption of electric energy presents itself as a tangible contribution also in the reduction of the environmental impact. The present work, part of a larger electric energy management project, presents the results of a prototype of a system for managing air conditioners and multimedia projectors in classrooms. The work explores the developed solution and presents the results obtained from a prototype built.*

Resumo. *Responsabilidade social é uma forma de administrar uma empresa compatibilizando os seus objetivos econômicos com os possíveis impactos ambientais e sociais associados. Em sua origem, a finalidade de uma universidade pública não é primariamente econômica. Contudo, a gestão adequada dos recursos econômicos permite ampliar o domínio dos fatores de criação de valor das mesmas na medida em que a economia resultante contribui para a redução de impacto ambiental na sua origem pois permitem ampliar sua capacidade de investimento em pesquisas e inovação. No contexto do presente trabalho, além do aspecto de economia de recursos financeiros, a adequada gestão do consumo de energia elétrica apresenta-se como uma contribuição tangível também na redução do impacto ambiental. O presente trabalho, inserido em um projeto maior de gestão de energia elétrica e*

apresenta os resultados de um protótipo de um sistema de gestão de aparelhos de ar condicionado e projetores multimídia em salas de aula como prova de conceito para suportar a análise de viabilidade da adoção da mesma. O trabalho explora a solução desenvolvida e apresenta os resultados obtidos a partir de um protótipo construído.

I. INTRODUÇÃO

Existe um grande problema de desperdício de energia no Brasil. Segundo [5], o Brasil desperdiça o equivalente a 60% de toda a produção da Usina de Itaipu e de acordo com [3] “O Brasil aparece em 15º lugar entre os 16 maiores países do mundo em um ranking sobre eficiência energética”. Esses desperdícios se tornam ainda mais preocupantes no futuro, pois segundo [6] “A explosão populacional de seis para dez milhões até 2050 provocará uma redução acentuada de muitos recursos naturais que, atualmente, já se encontram em situação de escassez”.

Para evitar uma possível falta de recursos energéticos futuramente, deve-se tomar medidas para diminuir esse desperdício. Atualmente existem algumas soluções e uma delas é a automatização predial e residencial utilizando objetos inteligentes conectados à rede, que está sendo chamado de Internet das Coisas (IoT). Segundo [4](tradução nossa), com a IoT “podemos reduzir o consumo energético dos edifícios enquanto melhoramos o bem-estar ambiental”. A tendência é que a IoT cresça muito nos próximos anos. De acordo com Stamford [22], acredita-se que em 2020 haverá mais de 20 bilhões de dispositivos conectados, desconsiderando-se computadores, *tablets* e *smartphones*, sendo que haviam apenas menos de 1 bilhão em 2009.

A automação predial e residencial também está cada vez mais próxima da realidade das pessoas. Segundo [1], a automação gera comodidade e economia ao longo do tempo, o que compensa o investimento inicial. “Atualmente, muitos construtores já têm essa visão e os edifícios estão sendo preparados para receber novas tecnologias, o que lhes confere também maior vida útil” [1].

Conforme [14], a eficiência energética é importante no contexto das instituições (tanto públicas como privadas) pois as mesmas têm necessidade de reduzir seus custos e a temática está associada a melhoria da qualidade dos gastos o que promove a redução do desperdício.

Com a IoT se popularizando, com a automação predial e residencial passando a fazer parte de nosso cotidiano e com a crescente preocupação com desperdício de energia, o presente trabalho tem o objetivo desenvolver um protótipo de prova de conceito para suportar o processo de análise de viabilidade técnica da adoção da solução de controle de energia elétrica em salas de aula de uma universidade pública.

Nesse contexto, o artigo segue dividido na seguinte forma. A seção II apresenta os trabalhos relacionados que foram tomados como base para o desenvolvimento do presente projeto. A seção III apresenta os aspectos relacionados a eficiência energética. A seção IV apresenta os aspectos do hardware utilizado na construção do protótipo. A seção V descreve o projeto propriamente dito. A seção VI discorre sobre a experiência obtida até o momento através do teste de validação. Por fim, a seção VII discute os resultados alcançados até o momento e relaciona os trabalhos futuros.

II. TRABALHOS RELACIONADOS

Essa seção apresenta os trabalhos tomados como base para o desenvolvimento do projeto. Cada um foi estudado de modo a orientar o desenvolvimento em um ponto específico.

O SISGEN [9] é um sistema que foi projetado e desenvolvido por pesquisadores do PEA, tendo como objetivo monitorar, nas principais instalações da USP, diversas grandezas elétricas, como demandas ativa, reativa e aparente; energias ativa, reativa e aparente; fator de potência^{**}; tensões de linha e de fase; e correntes. O sistema coleta dados em tempo real, tratando-os numérica e graficamente, seguindo os mesmos critérios de medição utilizados pelas concessionárias, permitindo assim uma gestão integrada das grandezas envolvidas no consumo elétrico, além de contribuir para a racionalização das instalações. O monitoramento é realizado de forma remota via rede telefônica ou Internet, através de medidores de energia, de acordo com as normas técnicas aplicáveis, sendo compatíveis com os medidores de todos os fabricantes. As telas e os relatórios são adaptáveis às necessidades de cada usuário [11].

O trabalho de [14], denominado Contaluz, permite a sistematização, análise e acompanhamento das faturas mensais da USP, de forma a identificar e auxiliar a gestão de problemas tais como: multas por atraso de pagamento, ultrapassagem de demanda, equívocos de faturamento, não atendimento a solicitações de reenquadramento ou mudança de demanda além de subsidiar estudos para melhor enquadramento tarifário das unidades.

O trabalho de [20] descreve uma iniciativa da empresa Eletropaulo em parceria com o Grupo de Energia do Departamento de Energia e Automação Elétricas da USP no sentido da criação de uma ferramenta computacional ágil e flexível para a coleta, sistematização e análise centralizada de dados de faturamento de clientes de grande porte e/ou com mais de uma unidade consumidora. O sistema descrito integra características da coleta e gestão de grandezas online e em tempo real com a coleta e sistematização de dados de faturamento, permitindo ainda, estimar a fatura de um período com base em dados históricos e em seu consumo acumulado no momento da previsão, permitindo estimativas de gastos com energia antes do final do período de faturamento.

O trabalho de [17] tem como objetivo montar uma Wireless Sensor Network (WSN) capaz de monitorar remotamente o consumo de energia, além de ligar e desligar equipamentos eletrônicos em ambientes domésticos, comerciais ou industriais (Fig. 1).

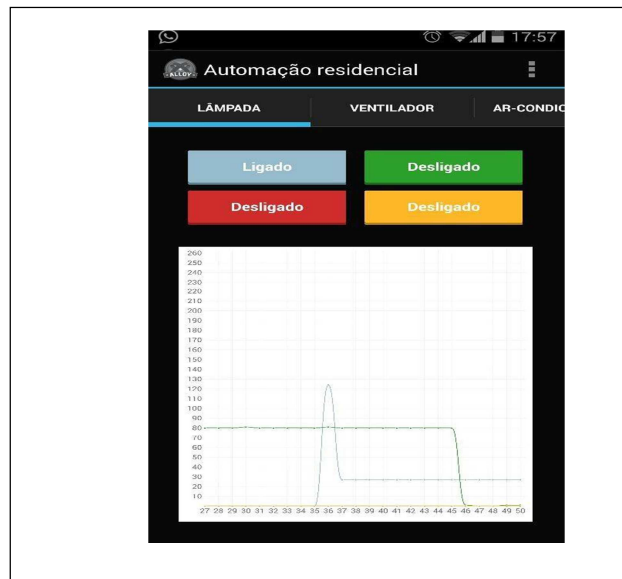


Fig. 1. Controle de lâmpada (NUNES,2014)

Para realizar este trabalho, o autor utilizou um Raspberry Pi como dispositivo central da WSN por ter acesso à internet e um alto desempenho. Para cada nó da WSN foi utilizada uma plataforma Arduino Uno, um módulo XBee, um sensor de corrente não invasivo TA12-100 e um circuito de acionamento elétrico baseado em relays. O Arduino é o dispositivo principal dos nós WSN, pois ele é quem recebe os comandos do XBee, verifica o sensor de corrente e aciona os circuitos baseados em relays. O XBee é um emissor/receptor de radiofrequência que utiliza o protocolo ZigBee para comunicação. Como o objetivo do trabalho é economizar energia, então esse é o protocolo ideal pois tem um baixo consumo de energia se comparado a outros protocolos como Wi-Fi e Bluetooth. Além disso, é um protocolo facilmente configurável. Os módulos do XBee também que podem funcionar como roteadores, aumentando assim a extensão da rede. O único problema é que o custo desse dispositivo acaba sendo mais elevado que a maioria dos módulos do mercado [17]. A interface mobile de monitoramento feita pelo autor, que pode ser vista na Figura 5, é simples e consiste em um gráfico que mostra o consumo de energia dos equipamentos medidos pelos nós da WSN. O eixo das abcissas mostra o tempo e o das ordenadas o consumo de cada equipamento em Watts. As curvas de consumo de cada equipamento têm cores diferentes o que facilita a identificação, sendo que uma delas é a medição do ventilador e a outra é a medição de uma lâmpada.

Em [10] é apresentado um sistema comercial de automação residencial da Fibar Group o qual oferece muitas funcionalidades como controlar climatização, controlar iluminação, automatizar de tarefas como irrigação de gramado, segurança da residência, identificação de incêndio, monitorar consumo de energia e vários outros. O sistema possui uma grande quantidade de dispositivos como sensores de movimento, sensores de inundação, sensores de incêndio, tomadas inteligentes que medem o consumo elétrico,

além de ser compatível com vários produtos de outros fabricantes. Todos esses dispositivos podem ser utilizados para configurar ações programadas pelo próprio usuário, utilizando uma interface gráfica, como por exemplo fechar as janelas e desligar os irrigadores caso esteja chovendo. O sistema também possui procedimentos padrões, como abrir as janelas e portas e soar alarme em caso de incêndio. A instalação dos dispositivos não é invasiva, pois todos se comunicam via *wireless* utilizando o protocolo Z-Wave e utilizam baterias como fonte de energia.

No trabalho de [23] foi desenvolvido um sistema de automação residencial, que atua sobre equipamentos eletrônicos, utilizando um microcontrolador *Programmable Interface Controller* (PIC) que se conecta à rede por cabo. No projeto foi utilizado o microcontrolador PIC 18F4620 da Microchip, o módulo HanRun ENC28J60, que possui um conector RJ45, para se conectar à internet e um *display*. O autor também construiu sensores e para detectar se o equipamento está ligado e atuadores para ligar ou desligar o equipamento. Além disso, foi necessário utilizar um módulo de expansão de I/Os para barramentos PC para que um PIC pudesse controlar vários circuitos sensores e atuadores. O módulo Haroun ENC28J60 cria um servidor que possui uma página com os comandos para ligar e desligar os equipamentos e uma outra página com o estado dos mesmos. O estado dos equipamentos é capturado pelos sensores e são atualizados em tempo real no PIC 18F4620, porém os dados da página são atualizados somente quando ela é atualizada pelo usuário. Os testes foram feitos com lâmpadas e assim que o usuário clica para desligar ou ligar a luz, o comando é enviado para o Haroun ENC28J60, e o mesmo encaminha o comando para o PIC 18F4620. Este, por sua vez, verifica a requisição e analisa se o comando deve ou não ser aplicado, pois se o comando é para ligar a luz e a mesma já está ligada, o comando deve ser ignorado. Se o comando deve ser enviado, então ele aciona o atuador responsável pelo dispositivo, alterando o estado do *relay*.

Ao final o projeto de automação com o micro controlador PIC, obteve um desempenho satisfatório aliado a um baixo custo e baixa potência dissipada. Porém o autor identificou que o trabalho tem uma limitação de conexão com mais de um dispositivo, o que poderia ser corrigido utilizando um micro controlador mais robusto ou outro método de comunicação mais eficiente

III. EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Conforme [12], o mundo é ainda bastante dependente das fontes não-renováveis respondendo por 87% da matriz energética. No Brasil o projeto desenvolvimentista iniciado a partir dos primeiros anos do século XXI induziu o país a incluir a questão da sustentabilidade em sua agenda. As figuras 2 e 3 representam, respectivamente, a matriz de energia primária e a matriz elétrica no Brasil em 2016 indicando a busca pela diversificação da matriz e a preocupação com o desenvolvimento sustentável [2].

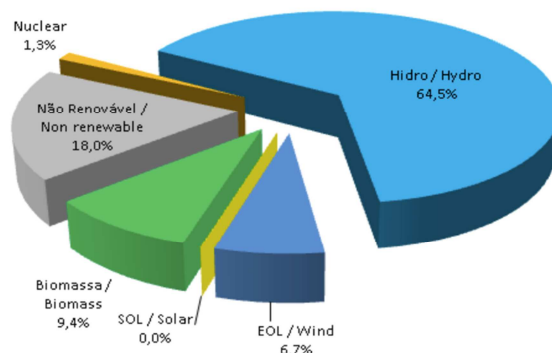


Fig. 2. Matriz de energia primária no Brasil em 2016 [2]

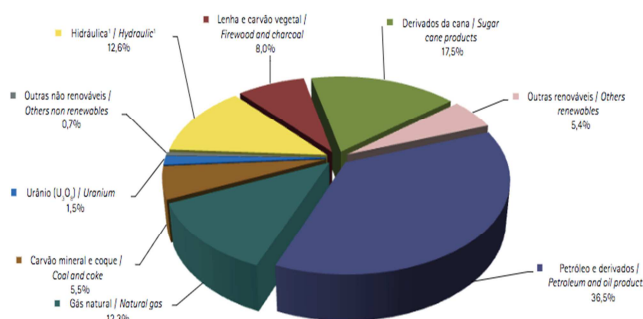


Fig. 3. Matriz de energia primária no Brasil em 2016 [2]

Conforme [21], a educação da sociedade como um todo é de fundamental importância para o sucesso de qualquer programa. O cidadão sensibilizado percebe as vantagens, passa a adquirir equipamentos mais eficientes e passa a ter, em si próprio, a eficiência energética como filosofia. Pouco adianta investimentos em infraestrutura se não houver educação e vice-versa. Neste sentido, o Ministério da Indústria e Comércio em 1981 apresentou o programa CONSERVE o qual, apesar de não ter atingido plenamente os objetivos caracterizou-se como um dos primeiros esforços governamentais no sentido da conservação de energia. Na área acadêmica, o projeto PUREUSP iniciado em 1997 representa um marco histórico e surge a partir do debate surgido por grupos de pesquisa que se questionavam do por quê não se aplicar nas instalações da USP os conceitos transmitidos em sala de aula, em relação à disciplina conservação de energia elétrica [16].

Do ponto de vista de programa estratégico, [16] cita a iniciativa da Universidade da Columbia Britânica (Vancouver, Canadá) que em 1997 tornou-se a primeira universidade Canadense a implementar uma política de desenvolvimento sustentável. Com foco na mudança comportamental, os programas avançaram além da questão da economia da energia elétrica envolvendo também: consumo eficiente e racional de energia, consumo eficiente e racional de água, subsídios a qualquer projeto comprovadamente sustentável e promoção de edifícios sustentáveis. O programa é interessante porque caracteriza-se como um trabalho voluntário, coordenado pelo escritório de sustentabilidade, entre alunos e funcionários, com grande foco na mudança

comportamental das pessoas frente ao uso eficiente e racional de recursos. Conforme Lima (2006, p. 35), “quando as pessoas percebem que simples atos se traduzem em economias perceptíveis e contribuem com o programa de sustentabilidade, a grande maioria adere”.

As próximas seções descrevem o protótipo desenvolvido como prova de conceito.

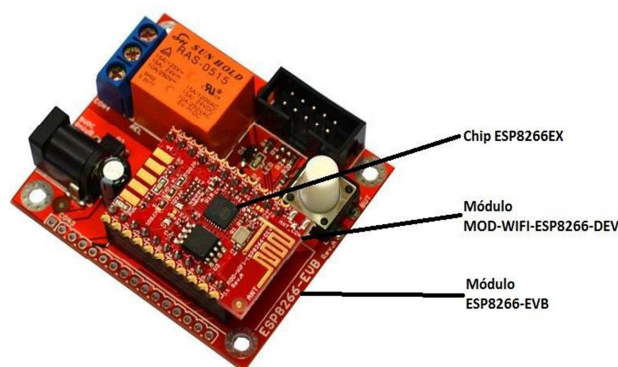


Fig. 4. Módulo ESP8266-EVB (OLIMEX, 2016b)

IV. DETALHAMENTO DO PROJETO

O objetivo do trabalho foi criar um protótipo capaz de desligar equipamentos eletrônicos via Wi-Fi. O principal componente de hardware é o módulo ESP8266EX, o qual é um *chip* de baixo custo que possui uma solução de Wi-Fi integrada. Ele mede 5mm x 5mm e possui 3 modos de operação para economizar energia: *cative molde*, *sele molde* e *dep. sele molde* (EXPRESSIF, 2016a). O *chip* trabalha com uma tensão elétrica entre 3V e 3,6V, opera com uma corrente de 80mA em média, suporta temperaturas entre -40°C e 125°C e o clock da sua *Central Processing Unit* (CPU) é de 80MHz (EXPRESSIF, 2016b). Segundo a ExpressIf (2016b), as suas principais aplicações são: eletrodomésticos, automação residencial, plugs inteligentes e luzes, rede *mesh*, controle industrial sem fio, monitores do bebê, câmeras IP, redes de sensores, eletrônica vestível, dispositivos de localização Wi-Fi, etiquetas de ID de segurança e sistemas de localização *beacons* Wi-Fi.

O módulo ESP8266-EVB da Olimex (Fig. 4) é um facilitador para prototipação pois possui também uma entrada de alimentação de 5V, possui um *relay* e um botão para realizar certas funções como *reinicializar* ou alterar o modo de operação para permitir atualizar o *firmware*. Além disso, possui um conector *Universal-Extension-Connector* (UEXT) que é uma interface de comunicação serial (OLIMEX, 2016b).

Do ponto de vista de software, utilizou-se a tecnologia de websockets que é um protocolo desenvolvido pela Internet Engineering Task Force (IETF) para permitir a comunicação de duas vias entre cliente e servidor [13]. "O objetivo desta tecnologia é fornecer um mecanismo para aplicativos baseados em navegador que precisam de uma comunicação bidirecional com os servidores" [13](tradução nossa). Historicamente, a criação de aplicações *web*, que precisam de uma comunicação de duas vias entre um cliente e um servidor, exigem uma utilização muito grande do HTTP para consultar o

servidor de atualizações. Isso faz com que servidores precisem de um número diferente de conexões *Transmission Control Protocol* (TCP) para cada cliente e também que as aplicações do lado de cliente precisem manter um mapeamento entre as conexões de entrada e saída para rastrear respostas [13].

Uma solução para esses problemas é a utilização de uma única conexão TCP para o tráfego em ambas as direções e é isso que o protocolo WebSocket fornece. Com o WebSocket é possível abrir uma única conexão TCP entre o cliente e o servidor e assim o aplicativo cliente não precisa ficar fazendo inúmeras requisições ao servidor perguntando por alterações [13].

A. Especificação

O protótipo é um sistema de monitoramento desenvolvido para ser aplicado na Universidade com o intuito de desligar os equipamentos das salas quando as mesmas estiverem desocupadas. Para isso foi necessário construir um dispositivo para ser colocado nas salas que tem capacidade de se conectar à rede e que atue sobre os equipamentos desligando-os utilizando comandos infravermelho, assim como os controles remotos de TV funcionam. Também foi preciso construir uma aplicação para gerenciar esses dispositivos. A fim de facilitar o entendimento do trabalho, o dispositivo que ficará na sala será chamado de dispositivo ESP, por ter como principal componente o módulo ESP8266-EVB, e a aplicação será chamada de Sistema Gerenciador.

Para atender as necessidades do protótipo foram identificados alguns requisitos funcionais e não funcionais. São eles: (a) aprender comandos IR (Requisito Funcional - RF); (b) desligar equipamentos através de comandos IR (RF); (c) identificar as salas que podem estar vazias (RF); (d) ser capaz de encontrar os Dispositivos ESP na rede (RF); (e) ter uma interface web para gerenciar os Dispositivos ESP conectados à rede (RF); (f) utilizar a linguagem PHP para desenvolver o sistema que irá gerenciar os Dispositivos ESP (Requisito não funcional - RNF); (g) utilizar o banco de dados MySQL para o armazenamento (RNF); (h) utilizar conexão websocket para se comunicar com o dispositivo ESP (RNF); e (i) utilizar a próprio navegador para comunicar com o dispositivo ESP (RNF). A arquitetura da solução é apresentada na figura 5.

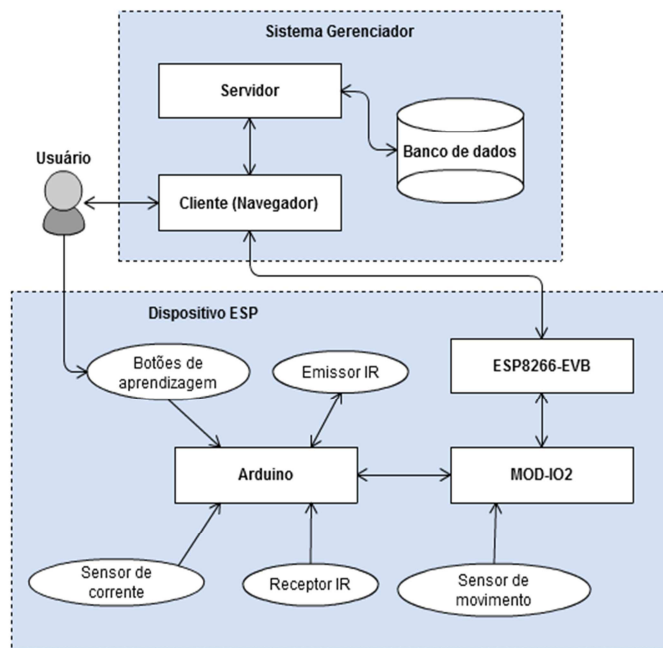


Fig. 5.Arquitetura da Solução

O Sistema Gerenciador é composto por 3 componentes: Banco de dados, Servidor e Cliente. O Servidor é responsável por manipular o Banco de dados e disponibilizar os dados para a camada cliente. A camada cliente irá funcionar em um navegador, por tanto é uma aplicação web. Essa é a camada de interface para com o usuário e também é ela quem irá monitorar os Dispositivos ESP. Para isso o navegador irá se conectar com o módulo ESP8266-EVB através de uma conexão websocket, onde as mensagens trafegadas entre ambos será em formato *JavaScript Object Notation* (JSON).

O dispositivo ESP é composto basicamente pelo módulo ESP8266-EVB, pelo módulo MOD-IO2 e pelo módulo Arduino. O módulo ESP8266-EVB é o responsável por conectar o dispositivo à rede da Universidade e por aguardar se conectar ao Sistema Gerenciador. Assim que a conexão é estabelecida, o Sistema Gerenciador passa a consultar regularmente o estado do Sensor de Movimento que está conectado ao módulo MOD-IO2. Então o módulo ESP8266-EVB retorna o estado de todas as I/Os do módulo MOD-IO2 para o Sistema Gerenciador em um JSON e este verifica o estado da I/O em que o Sensor de movimento está conectado.

O módulo Arduino é o responsável por aprender os comandos dos controles remotos dos equipamentos que se deseja desligar. Esses comandos são pulsos IR em um determinado padrão que são trafegados entre um controle remoto e o equipamento em que controla. O Arduino tem a capacidade de aprender apenas dois comandos IR diferentes por limitação de memória, sendo que essa aprendizagem deve ser feita pelo usuário diretamente do Dispositivo ESP. Antes de emitir esse comando, o Arduino irá verificar se o equipamento está ligado, mas isso é apenas para um dos dois comandos. Este comando é necessário para os equipamentos em que o comando IR desligar é o

mesmo que o comando ligar, pois nesses casos, o comando só pode ser enviado se o equipamento estiver ligado.

Assim que o Sistema Gerenciador detecta que a sala está vazia, por causa de uma ausência de movimento por uma grande quantidade de tempo, então ele pede ao módulo ESP8266-EVB para que desligue os equipamentos da sala. Este por sua vez, solicita ao módulo MOD- OI2 para que o mesmo desligue e avise o módulo Arduino sobre esta operação. Por fim, o módulo Arduino envia os comandos que foram gravados. Antes, ele verifica se o equipamento está ligado para um dos comandos. Caso já esteja desligado, esse comando não é enviado. A figura 6 apresenta o diagrama de atividades.

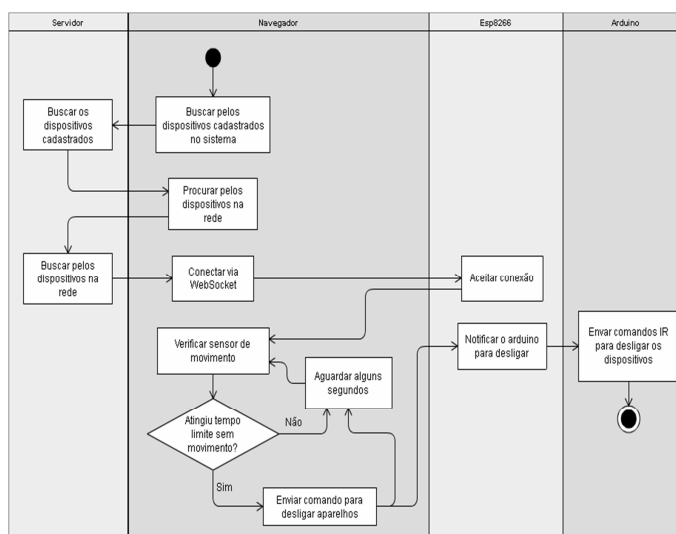


Fig. 6. Diagrama de atividades.

Como se pode observar, o processo de monitoramento é dividido em quatro partes, sendo que as duas primeiras fazem parte do Sistema Gerenciador e as duas últimas fazer parte do Dispositivo ESP.

As quatro partes são as seguintes: (a) primeira corresponde a funcionalidade do servidor, o qual tem a função de buscar os Dispositivos ESP pela rede. Além disso, é ele quem armazena as informações do Sistema Gerenciador, como configurações e dados dos Dispositivos ESP cadastrados; (b) a segunda corresponde ao navegador, o qual é responsável pelo monitoramento. Ele é quem requisita para o servidor a identificação dos dispositivos ESP. Após receber as identificações, se conecta a eles utilizando uma conexão WebSocket. Assim que a conexão for realizada, o navegador passa a monitorar. Quando o ambiente estiver vazio, será enviada uma notificação para o dispositivo ESP daquele local para que o mesmo desligue os equipamentos; (c) terceira corresponde ao módulo ESP8266-EVB, o qual é utilizado para conectar o Dispositivo ESP à rede. Esse módulo é o responsável por se comunicar com o Sistema Gerenciador e comandar o Arduino para desligar os equipamentos. Além disso, é quem capta os dados do sensor de movimento; (d) a quarta e última etapa corresponde ao Arduino, o qual é responsável por aprender e enviar os comandos IR para desligar para os equipamentos da sala como o ar-condicionado e o projetor multimídia. Além disso, tem a função de identificar se o

equipamento está ligado ou desligado antes de desligar o mesmo. A figura 7 apresenta o diagrama de casos de uso do projeto

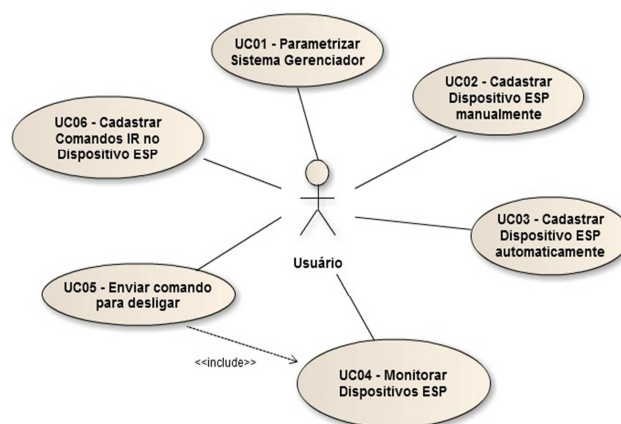


Fig. 7. Diagrama de casos de uso.

B. Implementação

Para o protótipo do Dispositivo ESP que ficará na sala, foi utilizado um Arduino Uno, um ESP8266-EVB e um MOD-IO2, sendo que esses dois últimos são módulos produzidos pela Olimex. Também foi necessário um emissor de sinal IR, um receptor IR, resistores, fios conectores, botões, capacitores, transistores, um sensor de movimento e um sensor de corrente não invasivo. Pode-se conferir em detalhes o *hardware* utilizado no Apêndice C. Na figura 8 pode-se ver o esquema elétrico completo do Dispositivo ESP que foi montado utilizando a ferramenta Fritzing.

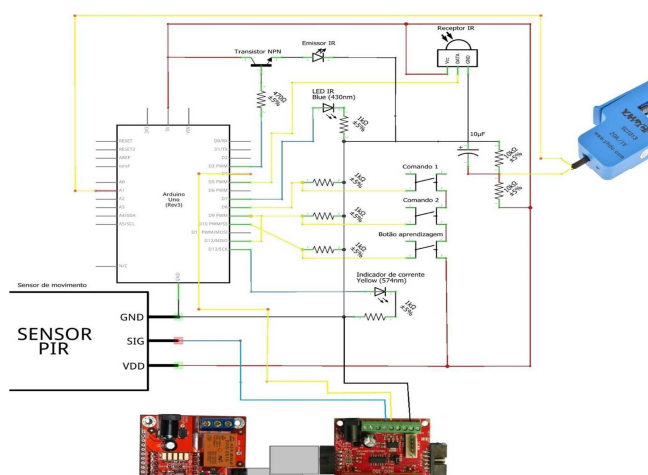


Fig. 8. Esquema elétrico do dispositivo esp.

Conforme o esquema elétrico, o ESP8266-EVB é conectado ao MOD-IO2 através do conector UEXT e ambos se comunicam via barramento I²C. O MOD-IO2 tem sua I/O 3 conectada ao sensor de movimento e a sua I/O 2 à I/O 4 do Arduino. Além disso, o *ground* do MOD-IO2 e o *ground* do Arduino são conectadas.

O Arduino tem a I/O 3 ligada à base de um transistor que por sua vez está ligado à um LED Emissor de IR, que é o responsável por emitir os comandos IR aprendidos. O transistor é necessário para aumentar o alcance do sinal emitido para até 10 metros. Se o LED fosse ligado diretamente à I/O 3, o alcance do sinal seria de apenas 3 metros. A I/O 5 é ligada ao receptor de IR, que é o responsável por receber os comandos dos controles remotos dos equipamentos que se deseja desligar. E a I/O 7 é ligada a um LED responsável por notificar quando algum comando IR é aprendido ou emitido. As I/Os 8, 9 são ligadas à botões que armazenam os comandos 01 e 02 e a I/O 10 é conectada ao botão de aprendizagem. Esses botões são utilizados pelo usuário para cadastrar os comandos IR e também para emitir os comandos para testes. O botão do comando 02 também é ligado à I/O 12 para identificar que o seu comando aprendido só será enviado se for identificado pelo sensor de corrente que o equipamento está ligado. Essas quatro I/Os são ligadas em resistores *pull-down*. O sensor de corrente tem duas saídas, sendo que uma é ligada à I/O A1 do Arduino e a outra é ligada a um pequeno circuito composto por dois resistores e um capacitor. Esse circuito em por objetivo normalizar a tensão que vem do sensor de corrente para que o Arduino consiga ler. Isso é necessário pois a tensão que vem do sensor é alternada, que varia entre 1V e -1V, e o Arduino não consegue ler entradas negativas. Por tanto, esse circuito adiciona 2,5V, fazendo com que varie entre 1,5V e 3,5V, tornando às entradas positivas. O capacitor é necessário para diminuir os ruídos das leituras. O Arduino também tem a I/O 13 ligada a um LED que se acende quando é detectado que o equipamento que o sensor de corrente está medindo está ligado.

Na figura 9 pode-se ver o dispositivo depois de montado.

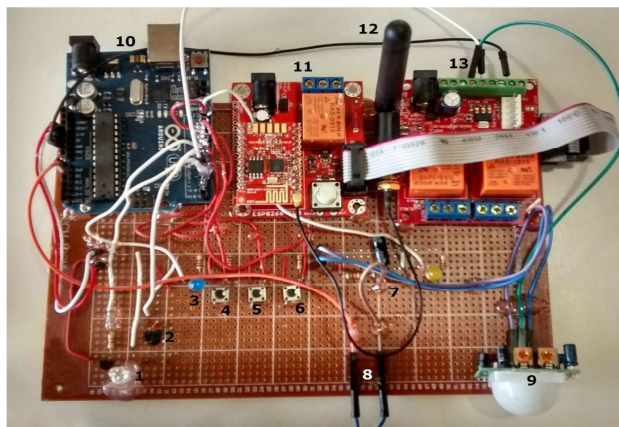


Fig. 9. Dispositivo montado

O dispositivo será melhor detalhado a seguir: (a) o item 1 da Figura 11 é o LED emissor de IR. Esse é o responsável por emitir os comandos infravermelho para desligar os equipamentos eletrônicos da sala; (b) o item 2 é o receptor de IR. Ele é o responsável por aprender os comandos dos controles dos equipamentos; (c) o item 3 é um LED que acende quando um comando IR é emitido ou aprendido; (d) os itens 4 e 5 são botões que representam os comandos 01 e 02 respectivamente. Quando pressionados sozinhos, fazem com que o Dispositivo ESP emita os comandos IR aprendidos para eles. Isso serve apenas para testar se o protótipo está funcionando e se os comandos foram aprendidos

corretamente; (e) o item 6 é o botão responsável pelo aprendizado. Enquanto ele estiver pressionado, o Arduino estará em modo de aprendizagem. Nesse modo, o sistema estará esperando por comandos IR e assim que algum controle remoto emitir um comando, o código é lido pelo Arduino e vinculado aos botões 4 ou 5. Mas para isso, os botões 4 ou 5 também devem estar pressionados para saber à qual botão o vínculo será feito. Ou seja, ao pressionar o botão de aprendizado e o botão 5 ao mesmo tempo, qualquer comando IR lido pelo Arduino, será vinculado ao botão 5. Por tanto, o Dispositivo ESP só terá a capacidade de aprender dois comandos, um para cada botão; (f) o item 8 é a entrada do sensor de corrente elétrica não invasivo. Nesse item existem duas entradas, uma delas vai direto para o módulo Arduino, em uma de suas entradas analógicas, enquanto a outra vai para o item 7. O item 7 é um circuito regularizador de corrente para que o Arduino consiga interpretar o sinal corretamente. Ali também tem um LED amarelo que acende quando é detectado corrente elétrica. Ou seja, os itens 7 e 8 são responsáveis por identificar se o equipamento da sala está ligado ou não; (g) o item 9 é o sensor de movimento que está ligado ao MOD-IO2; (h) o item 10 é o Arduino, que é responsável por emitir os comandos IR, por aprender os novos comandos IR e verificar a existente de corrente elétrica; (i) o item 11 é o ESP8266-EVB. Este é quem se conectará ao Wi-Fi e receberá os comandos do Sistema Gerenciador; (j) o item 12 é uma antena para amplificar o sinal de Wi-Fi do ESP8266-EVB. Ela não é necessária pois o próprio ESP8266-EVB possui uma antena, mas foi adicionado por haver muitos fios em volta da antena e isso estava gerando muita interferência e dificultando a conexão com o mesmo; (k) o item 13 é o MOD-IO2, este é um módulo que tem por objetivo disponibilizar novas I/Os para o ESP8266-EVB. Ele é o responsável por passar o comando de desligar para o Arduino e também como entrada para o sensor de movimento.

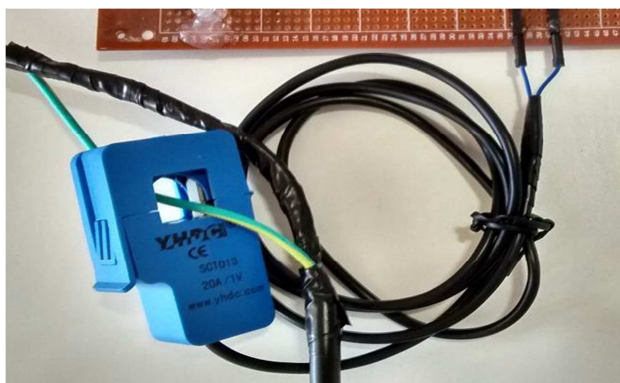


Fig. 10. Sensor de corrente utilizado

Na figura 10 pode-se ver o sensor de corrente utilizado para verificar se um determinado equipamento eletrônico está ligado. Para que funcione, apenas um dos fios do equipamento deve ser passado por ele, caso contrário, os campos magnéticos gerados pelos fios irão se anular e não será detectada corrente elétrica.

C. Técnicas e ferramentas utilizadas.

Para o desenvolvimento, o sistema é dividido em 3 módulos: Servidor, cliente e protótipo de *hardware*. Para o desenvolvimento do servidor foi utilizada a linguagem PHP. Para

codificar, utilizou-se a *Integrated Development Environment* (IDE) eclipse. Para o servidor *web* foi escolhido o Apache e para o armazenamento dos dados escolheu-se o MySQL. Foi utilizada também o phpMyAdmin que é uma interface gráfica para gerenciar o MySQL. Ainda no servidor, foi utilizada uma ferramenta chamada ARP Scan para buscar os Dispositivos ESP conectados à rede e seus respectivos endereços *Media Access Control* (MAC). Como essa ferramenta só existe para ambientes Linux, o servidor foi instalado no sistema operacional Ubuntu⁷. Na camada de cliente foram utilizadas as linguagens JavaScript, CSS e HTML e as bibliotecas jQuery, Bootstrap e animate.css. Também foi utilizada a API do WebSocket do próprio navegador e para a codificação foi utilizada a IDE Eclipse.

Na camada de *hardware* do protótipo, que é o Dispositivos ESP, para desenvolver o código para o Arduino foi utilizada a IDE Arduino. Para realizar a leitura de corrente elétrica, foi utilizada a biblioteca EmonLib da OpenEnergyMonitor e para aprender e emitir comandos IR, foi utilizada a biblioteca IRremote. O código fonte, tanto do Sistema Gerenciador quanto do Dispositivo ESP, foram gerenciados pelo site de controle de versão GitHub.

V. OPERACIONALIDADE DA IMPLEMENTAÇÃO

A primeira etapa envolve a configuração do ESP8266-EVB do Dispositivo ESP. Depois disso, deve-se configurar o Sistema Gerenciador para que possa se conectar ao Dispositivo ESP. Para isso, deve-se acessar o menu de configurações (Fig. 11) e informar os campos Usuário e Senha, que devem ser os mesmos parametrizados no ESP8266-EVB. O campo Tempo para desligar automaticamente (Em min.) é o tempo em minutos em que a sala deve ficar sem movimento para o sistema classificar a sala como vazia. E quando a sala for considerada vazia, um comando para desligar os equipamentos eletrônicos da sala é enviado.

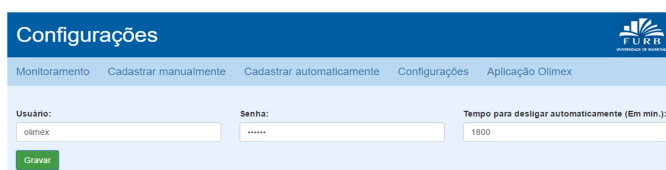


Fig. 11. Configuração do sistema gerenciador

Em seguida, deve-se cadastrar o Dispositivo ESP no Sistema Gerenciador pelo seu endereço MAC. Isso pode ser feito manualmente ou automaticamente. Da forma manual, o usuário insere o endereço MAC do módulo, conforme a figura 12. De forma automática (fig.13) o sistema busca pelos Dispositivos ESP por toda a rede e tenta se conectar em cada um utilizando o usuário e senha parametrizados. Ao conectar, o endereço MAC e o IP do módulo são exibidos para o usuário e ele pode cadastrar no sistema clicando no botão Cadastrar.

Depois que todos os Dispositivos ESP estiverem cadastrados, então deve-se iniciar o monitoramento. Para isso, basta clicar no menu Monitoramento e abrirá a tela da figura 13. Nessa tela primeiramente serão listados todos os Dispositivos ESP cadastrados e então o Sistema Gerenciador tentará se conectar em cada um deles. Após

se conectar, inicia-se o processo de consultas ao sensor de movimento, que é feita a cada 5 segundos. Na tela de monitoramento há um grid que possui a coluna Mac Address que mostra o endereço MAC do Dispositivo ESP. Possui a coluna Status que exibe a situação da conexão. Tem a coluna Histórico que contém a última ação do Dispositivo ESP e um comando Log. Ao clicar nesse comando, é exibido um histórico de todas as ações e os horários em que aconteceram. Então se o sistema detectou que a sala está vazia e mandou o comando de desligar, isso constará no histórico, assim como também eventuais falhas de conexão. Possui a coluna IP, que exibe o IP adquirido pelo Dispositivo ESP. Tem a coluna Localização que exibe a sala ou local em que o dispositivo se encontra, sendo que esse campo é informado no cadastro do mesmo. Possui a coluna Obs que possui uma observação que também foi cadastrado pelo usuário. Possui a coluna Comandos possui o campo Relay que se marcado ativará o *relay* do ESP8266-EVB. Esse comando é apenas um meio rápido e fácil de testar a conexão. Essa coluna também possui o comando Desligar, que ao ser pressionado, envia o comando desligar para o Dispositivo ESP. Por último, o grid possui a coluna Sensor, que indica se a sala está ou não com movimento. Se está sem movimento, então mostra por quanto tempo.

Fig. 12. Cadastro manual do dispositivo esp

Fig. 13. Cadastro

automático do dispositivo esp.

Quando o tempo sem movimento ultrapassar o valor parametrizado, isso indicará que a sala do Dispositivo ESP ficou vazia. Então o Sistema Gerenciador envia automaticamente um comando para que os equipamentos da sala sejam desligados. Mas o usuário também tem a opção de enviar este comando manualmente, antes que atinja o tempo limite, clicando no botão Desligar.

VI. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A princípio, seria utilizado apenas o módulo ESP8266-EVB da Olimex no Dispositivo ESP, mas durante o desenvolvimento houve a necessidade de incluir um módulo Arduino para que fosse possível gravar e emitir os comandos IR e também para fazer a leitura da corrente elétrica. Como o módulo ESP8266-EVB não tem I/Os disponíveis, foi necessário utilizar também um outro módulo que adicionasse mais portas I/O, o MOD-IO2, também da Olimex.

Um dos problemas encontrados durante o desenvolvimento foi localizar o dispositivo ESP na rede. O ideal seria que ele se conectasse ao servidor, mas não se descobriu como fazer isso, e alterar o *firmware* do ESP8266-EVB seria muito complexo e demorado. Por esse motivo, optou-se procurar o dispositivo ESP na rede pelo seu endereço MAC. O problema é que isso só funciona se ele estiver na mesma sub-rede do servidor do Sistema Gerenciador, o que pode ser um problema em infraestruturas que possuem sub-rede diferentes. Outro problema foi que o módulo ESP8266-EVB do dispositivo ESP não consegue se conectar diretamente à rede da Universidade pois a mesma utiliza um protocolo de segurança que o *firmware* da Olimex não dispõe. Para resolver o problema foi utilizado um roteador em modo *bridge*. Dessa forma, o módulo ESP8266-EVB se conecta à rede à Universidade através de um roteador auxiliar.

Também houveram problemas relacionados ao processo de desligar projetores da marca EPSON. Os testes iniciais estavam sendo feitos apenas em aparelhos de ar condicionado, que geralmente possuem um comando para ligar e outro diferente para desligar. Já os projetores multimídia da marca EPSON utilizam o mesmo comando, tanto para ligar quanto para desligar. Para resolver esse problema, foi necessário fazer com que o dispositivo ESP conseguisse identificar se o equipamento está ligado ou não. Para isso foi utilizado um sensor de corrente não invasivo e, dessa forma, o dispositivo ESP só envia o comando se o equipamento estiver ligado. Se depois de dois segundos, o equipamento continuar ligado, o sinal é enviado novamente até que o equipamento esteja desligado. Isso também resolve outro problema desses projetores, que precisam receber o comando para desligar duas vezes para que ele desligue.

A biblioteca IRremote do Arduino, que é responsável pela aprendizagem e envio dos comandos IR, apresentou problemas ao emitir comandos do protocolo NEC. Por alguma razão, o comando era aprendido corretamente, mas ao emitir o equipamento não reconhecia o sinal. Para resolver o problema, o código do Arduino foi alterado para armazenar e emitir apenas o código bruto do comando IR. Isso resolveu o problema.

A identificação de corrente elétrica também apresentou algumas dificuldades. Mesmo ao medir algum equipamento desligado, o sistema estava identificando uma corrente elétrica de 0,06A em média. Foram feitos vários ajustes no protótipo, com a soldagem dos dispositivos em uma placa para minimizar interferências externas que pudessem estar gerando esse valor, mas ainda assim o problema persistiu. Então a solução adotada foi estipular um valor limite de corrente para o protótipo classificar o equipamento como desligado. Esse valor foi de 0,15A. Outro problema identificado é o fato de o processo de monitoramento do protótipo ser feito pelo navegador com *javascript*. Isso faz com que cada usuário conectado ao sistema de monitoramento crie sua própria conexão com o dispositivo ESP, e assim cada um irá iniciar seu próprio

monitoramento. No entanto, esse era um problema já esperado, pois o sistema foi criado como protótipo e foi utilizado o navegador justamente por já ter a API websocket implementada, e dessa forma facilitar o desenvolvimento.

O dispositivo ESP conseguiu aprender e replicar os comandos de todos os equipamentos eletrônicos testados. Os testes foram feitos em aparelhos de ar condicionado da marca Komeco, em televisores da marca CCE e Semp Toshiba e projetores da marca EPSON. Ele também conseguiu identificar corrente elétrica dos equipamentos com sucesso.

Por fim, o protótipo construído conseguiu atender os requisitos, superando todas adversidades no desenvolvimento. Com isso os objetivos que o protótipo se propôs a atender foram cumpridos. Ou seja, foi construído um dispositivo capaz de evitar o desperdício de energia da Universidade atuando sobre os equipamentos das salas através um sistema de gerenciamento.

O quadro 1 apresenta de forma comparativa algumas características dos trabalhos correlatos e do trabalho proposto.

Quadro 1 - Comparativo de trabalhos correlatos

	Zimmer (2014)	Nunes (2014)	Fibaro (2015)	Trabalho proposto
Faz medição do consumo de energia		X	X	
Não necessita alterar infraestrutura			X	X
Consulta o estado do equipamento eletrônico	X	X	X	X
Atua sobre o equipamento eletrônico	X	X	X	X
Possível acessar de pela internet – IoT	X	X	X	X
Permite programar ações de acordo com variáveis do ambiente			X	
Utiliza IR para atuar sobre os equipamentos eletrônicos				X
Utiliza relês para atuar sobre os equipamentos eletrônicos	X	X	X	
Utiliza rede sem fio	X	X	X	X
Utiliza protocolo TCP/IP	X			X
Utiliza conexão WebSocket				X

Ao comparar com o trabalho de Zimmer (2014), pode-se ver que o trabalho proposto faz quase tudo que ele faz. Porém o trabalho proposto não aciona *relays* o que impede que sejam apagadas luzes e outros equipamentos sem interface IR. O trabalho de Zimmer (2014) também tem um custo menor por não utilizar Wi-Fi e sim conexão a cabo, mas isso torna a sua instalação mais custosa por necessitar a passagem de fios para conectá-lo à rede. Outro problema é que se o trabalho de Zimmer (2014) fosse aplicado à equipamentos que não utilizam interruptores, como aparelhos de ar condicionado ou projetores, os mesmos quando fossem desligados não poderiam mais ser ligados

utilizando o controle pois o *relay* teria cortado a corrente elétrica do equipamento. Por tanto, para poder religar, o usuário teria que acessar o sistema para liga-lo e depois também ligar utilizando o controle. No trabalho proposto isso não é necessário pois os equipamentos são desligados via comandos IR, o que é basicamente o mesmo que o controle faria se fosse desligado pelo usuário.

Ao comparar com o trabalho de Nunes (2014), pode-se verificar que ele consegue medir o consumo de energia, o que torna interessante para análises tomadas de decisão para medidas de economia de energia. Também é interessante por utilizar o XBee, pois o mesmo utiliza o protocolo de comunicação ZigBee, que é de baixo consumo de energia, no entanto também uma desvantagem por ser um dispositivo caro, sendo que o trabalho proposto utiliza um módulo de menor custo.

Uma desvantagem do trabalho de Nunes (2014) para o propósito desse trabalho na utilização do protocolo de comunicação ZigBee é que o mesmo não estaria aproveitando a infraestrutura já existente de Wi-Fi disponibilizada pela Universidade. Além disso, o trabalho de Nunes (2014) também utiliza *relays* para atuar sobre os equipamentos eletrônicos, o que gera o mesmo problema do trabalho de Zimmer (2014) com a questão do desligamento dos equipamentos do tipo que não são ligados por interruptores. A Fibaro (2015) permite a criação de sistemas de automação bastante completos, com a possibilidade de ações programas pelo próprio usuário e também permite fazer medições de consumo de energia. Seria um sistema perfeito se não fosse o alto custo dos equipamentos. Além disso, o sistema é feito para residências e ele não seria o ideal para grandes estruturas como centenas de sensores. O trabalho também não reaproveitaria a infraestrutura de Wi-Fi da Universidade por utilizar o protocolo de comunicação Z-Wave, assim como o trabalho de Zimmer (2014).

Por fim, o trabalho proposto se mostra interessante por não ter a necessidade de alterar a infraestrutura do ambiente, pois utiliza comandos IR para atuar sobre os equipamentos eletrônicos. Também é relevante por utilizar módulos de baixo custo e, além disso, por utilizar conexões WebSocket com os módulos ESP8266-EVB, diminuindo assim tráfego de dados e tendo um melhor aproveitamento da rede.

VII. CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

O presente trabalho situa-se na fase de análise de viabilidade técnica de um projeto maior que visa o estabelecimento de uma política de desenvolvimento sustentável para a Universidade Regional de Blumenau. Neste contexto foi apresentado um protótipo de monitoramento de espaços públicos objetivando controlar o uso de energia elétrica em momentos em que estes espaços não estão sendo utilizados, mas que eventualmente, no modelo atual permanecem com equipamentos e iluminação ligados. O trabalho foi importante por explorar uma forma de automatização que pode reduzir os gastos além de criar um ponto de partida para que surjam soluções melhoradas. Contribuiu também por explorar um dos módulos baseados no *chip* ESP8266EX, que são mais acessíveis financeiramente e que estão sendo bastante utilizados para IoT. Com isso foi possível identificar as principais dificuldades em utilizar o módulo e os pontos que ainda devem ser explorados para se tornar uma tecnologia mais eficiente.

Do ponto de vista técnico, os próximos passos envolvem: (a) implementar o monitoramento no servidor em vez de fazer isso no navegador. Hoje quem se conecta com o módulo ESP8266-EVB é o próprio navegador, pois qualquer navegador atualmente já tem suporte nativo para websocket. No entanto isso poderia ser feito no próprio servidor, utilizando, por exemplo, a linguagem NodeJs que possui bibliotecas disponíveis para realizar conexões websocket; (b) viabilizar a conexão do dispositivo diretamente na rede da Universidade visto que a solução desenvolvida utiliza um roteador em modo bridge. (c) substituir o módulo ESP8266-EVB e o módulo MOD-IO pelo módulo MOD-WIFI-ESP8266-DEV que tem um custo financeiro menor; (d) substituir o módulo Arduino. Nesse trabalho, este módulo foi necessário para viabilizar a interface de infravermelho e também para detectar corrente elétrica, mas tudo isso pode ser implementado diretamente em algum módulo baseado no chip ESP8266EX; (e) implementar um serviço de busca dos dispositivos ESP distribuídos no campus sem a necessidade de utilizar o endereço MAC; (f) trabalhar os aspectos de segurança do dispositivo; (g) incrementar o uso dos recursos de WebSocket, fazendo com que o próprio Dispositivo ESP da sala notifique o servidor quando o status do sensor se alterar. Dessa forma o servidor não precisa ficar consultando repetidamente o status do sensor e isso faria com que se gastasse menos processamento do servidor e menos consumo da rede, além de consumir menos energia; (h) aproveitar a detecção de corrente elétrica para também medir o consumo de energia dos mesmos. No trabalho atual já é utilizado um sensor de corrente para verificar se o equipamento está ligado. Esse mesmo sensor poderia ser utilizado para monitorar o consumo do equipamento

Do ponto de vista de responsabilidade social, a adoção de soluções de monitoramento da eficiência do manejo de recursos ambientais pela Universidade é um passo determinante para a sua contribuição no contexto da sua inserção na sociedade. A expectativa é que a partir das próximas etapas do projeto, seja possível dimensionar-se o impacto efetivo da sua adoção em larga escala e a partir daí fundamentar as políticas de gestão da mesma.

REFERÊNCIAS

- [1] BOLZANI, Caio A. M. Residências Inteligentes. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2004.
- [2] BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética. Balanço Energético Nacional 2017 - Ano base 2016. Brasília, 2017.
- [3] CAMPOS, Álvaro. Brasil fica em 15º em ranking de eficiência energética, jul. 2014. Disponível em: <<http://exame.abril.com.br/brasil/noticias/brasil-fica-em-15o-em-ranking-de-eficiencia-energ%C3%A9tica>>. Acesso em: 07 jul. 2016.
- [4] CASINI, Marco. Internet of things for Energy efficiency of buildings, 2014. Disponível em: <http://www.academia.edu/9369984/M._Casini_Internet_of_things_for_Energy_efficiency_of_buildings_ICAEE_2014_NICE>. Acesso em: 27 set. 2016.

- [5] EBC RÁDIOS. Encontro discute eficiência energética e novas soluções tecnológicas de consumo, 2015. Disponível em: <<http://radios.etc.com.br/revista-brasil/edicao/2015-08/encontro-discute-eficiencia-energetica-e-novas-solucoes-tecnologicas>>. Acesso em: 19 set. 2016.
- [6] ECORADAR BRASIL, 2008. Disponível em: <<http://www.furb.br/ecoradar/brasil/index.htm>>. Acesso em: 04 set. 2016.
- [7] EXPRESSIF, 2016a. Disponível em: <<https://espressif.com/en/products/hardware/esp8266ex/overview>>. Acesso em: 20 abr. 2016
- [8] __. ESP8266EX: Datasheet, 2016b. Disponível em:<http://espressif.com/sites/default/files/documentation/0aesp8266ex_datasheet_en.pdf>. Acesso em: 21 jun. 2016.
- [9] FAVATO, Leonardo Brian, SAIDEL, Marco Antonio. Gestão Pública de Energia Elétrica: O Programa Permanente para o Uso Eficiente de Energia na USP. In: Congresso Brasileiro de Eficiência Energética - CBEE, 2007, Vitória. Anais do Congresso Brasileiro de Eficiência Energética - CBEE, 2007.
- [10] FIBARO. Fibaro System, 2015. Disponível em: <<http://www.fibaro.com/en/the-fibaro-system>>. Acesso em: 12 set. 2015.
- [11] GIMENES, A. L. V., SAIDEL, Marco Antonio, ROSA, L. H. L., SANTOS, I. F. I.; Requirements of an Autonomous Information System for Support to the Energy Management In: IEEE Latin America Transaction T&D, 2004, São Paulo. 2004
- [12] GOLDEMBERG, José; LUCON, Oswaldo. Energia e meio ambiente no Brasil. Estud. av., São Paulo , v. 21, n. 59, p. 7-20, Apr. 2007 . Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142007000100003&lng=en&nrm=iso>. access on 28 Sept. 2017. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-40142007000100003>.
- [13] IETF. The WebSocket Protocol, dez. 2011. Disponível em:<<http://tools.ietf.org/html/rfc6455>>. Acesso em: 19 set. 2015.
- [14] KURAHASSI, L. F. Gestão da Energia Elétrica: Bases Para Uma Política Pública Municipal. 2006. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.
- [15] KURAHASSI, Luiz Fernando; SAIDEL, Marco Antonio , GIMENES, A. L. V., PAULA, Silvio Fernandes de, ROSSI, Luiz Natal. Sistema para Gestão de Energia em Instituições Públicas In: Computación Aplicada a La Industria de Procesos - CAIP'2005, 2005, Trás-os-Montes e Alto Douro. Computación Aplicada a La Industria de Procesos - CAIP'2005, 2005. v.1. p.141 – 144
- [16] LIMA, Alessandro Luciano de. Gestão e uso racional de energia elétrica: práticas e recomendações. Monografia (MBA em Gerenciamento de Facilidades) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Programa de Educação Continuada em Engenharia. São Paulo, 2006. 75 p.

- [17] NUNES, Ivan de O. Monitoramento do Consumo de Energia e Acionamento Remoto de Equipamentos por Meio de Redes de Sensores Sem Fio. 2014. 57f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação - Curso de engenharia de computação) - Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória.
- [18] OLIMEX. MOD-WIFI-ESP8266-DEV, [2016a]. Disponível em:<<https://www.olimex.com/Products/IoT/MOD-WIFI-ESP8266-EV/open-source-hardware>>. Acesso em: 21 jun. 2016.
- [19] __. ESP8266-EVB, [2016b]. Disponível em:<<https://www.olimex.com/Products/IoT/ESP8266-EVB/open-source-hardware>>. Acesso em: 21 jun. 2016.
- [20] SAIDEL,Marco Antonio; ALMEIDA JR,Sylvio Gonçalves de; GIMENES,André Luiz Veiga; Kurahassi,Luiz Fernando Tibaldi. Sistema para Gestao Energética em Clientes do Setor Público – Desenvolvimento de Ferrametntal de Apoio. XVIII Seminário Nacional de Distribuição de Energia Elétrica (SENDI), 2008. Disponível em: < <http://www.mfap.com.br/pesquisa/arquivos/20081104204531-10----94a89a9e89f8a3f3a7c5233bda00e538.pdf>>. Acesso em: jul 2017.
- [21] SILVA,Rogério Souza de. Gestão de energia em instituições públicas: metodologia baseada no modelo de excelência em gestão pública. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia e Automação Elétricas. São Paulo, 2014, 110p.
- [22] STAMFORD, Conn. Gartner Says the Internet of Things Installed Base Will Grow to 26 Billion Units By 2020, dez. 2013. Disponível em: <<http://www.gartner.com/newsroom/id/2636073>>. Acesso em: 18 set. 2015.
- [23] ZIMMER, Alan Valente. Sistema de automação residencial controlado via rede doméstica. 2014. 40 f. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Engenharia Elétrica) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá. Disponível em:<<http://hdl.handle.net/11449/123024>>. Acesso em: 20 set. 2015.