



AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL: COMANDO REMOTO DE CARGAS RESIDENCIAIS ATRAVÉS DE PLATAFORMA PRÓPRIA COM COMUNICAÇÃO WIRELESS

Dênis Alves Teixeira Pereira*¹, Felipe de Sousa Silva¹, Fernando Martinho Nascimento¹, Lucas Calazans Silva¹, Renan Souza Moura¹

¹IFMG – Instituto Federal de Minas Gerais – *Campus Formiga*

Resumo - O presente trabalho se baseia no desenvolvimento de uma proposta simples e de baixo custo para implementos de automação residencial a partir do desenvolvimento de plataforma *mobile* para controle e comando de determinadas cargas elétricas residenciais em conjunto com plataforma microcontrolada. O microcontrolador utilizado é o ESP32, cujo objetivo é receber as informações do aplicativo móvel para determinar ações no acionamento de cargas discretas (liga/desliga) e no provimento de sinais de referência para controle de potência em cargas resistivas. O microcontrolador também pode retornar informações da residência para que o usuário do aplicativo móvel possa monitorá-la. Vale ressaltar que o ESP32 e o aplicativo móvel se comunicam através do protocolo da Internet, fato que confere monitoramento e acionamento totalmente remoto de cargas residenciais.

Palavras-Chave – Acionamento remoto, Aplicativo *Mobile*, Automação Residencial, Microcontrolador ESP32 e Rede *Wi-fi*.

HOME AUTOMATION: REMOTE CONTROL OF RESIDENTIAL LOADS THROUGH OWN PLATFORM WITH WIRELESS COMMUNICATION

Abstract – The present work is based on the development of a simple and low cost proposal for home automation implements from the development of a mobile platform for control and command of certain residential electrical loads in conjunction with a microcontrolled platform. The microcontroller used is the ESP32, whose objective is to receive information from the mobile application to determine actions in the activation of discrete loads (on / off) and in the provision of reference signals for power control in resistive loads. The microcontroller can also return home information for the user of the mobile application to monitor. It is worth mentioning that ESP32 and the mobile application communicate via the Internet protocol, a fact that

*deteixeira89@gmail.com

provides monitoring and totally remote activation of residential loads.

Keywords - ESP32 Microcontroller, Home Automation, Mobile Application, Remote activation and Wi-Fi network.

I. INTRODUÇÃO

Nota-se que desde a revolução industrial houve um expressivo aumento no número de máquinas e respectivo avanço tecnológico nas indústrias. Tal avanço tecnológico culminou na modificação e adaptação dos processos produtivos, no aumento das capacidades instaladas, além de proporcionar qualificação especializada nas formas de trabalho e a inserção de níveis de automação, cada vez mais complexos nas indústrias. Acompanhando a evolução tecnológica, a automação adentrou aos lares das pessoas e se mostrou capaz de proporcionar comodidade e qualidade de vida aos usuários. Neste sentido, este trabalho se aplica em conceitos de automação residencial, buscando o controle e acionamento de cargas elétricas residenciais de forma remota, através do desenvolvimento de um aplicativo móvel e circuitos de acionamento elétrico de cargas [1].

A automação residencial, também conhecida como casa inteligente, se caracteriza por proporcionar comodidade, praticidade e segurança para os seus usuários. No entanto, os custos para implementação ainda são muito elevados, fato que limita o acesso de muitas pessoas, sendo considerada por alguns como um luxo não essencial. Neste sentido, este trabalho também busca o desenvolvimento dos implementos de automação residencial de forma que a tecnologia seja acessível as mais diversas camadas da sociedade. Em termos gerais, a redução dos custos para permitir a realização dos implementos da automação residencial se dá na utilização de plataforma microcontrolada de baixo custo e na construção de circuitos simples de acionamento elétrico de cargas.

A tecnologia proposta neste trabalho objetiva atender aos seguintes parâmetros:

- Comodidade;
- Praticidade;
- Segurança e
- Eficiência Energica.

A comodidade é contemplada ao fato do usuário não precisar mais se preocupar em levantar do sofá, por exemplo, para acender ou apagar uma lâmpada, enquanto assiste TV. Outro possível exemplo, dentro do termo comodidade, é a não preocupação de esquecer algum eletrodoméstico ligado quando não estiver na residência, pois a tecnologia oferecerá possibilidade de desligá-lo à distância por meio de conexão do sistema à Internet e através do protocolo *Wi-Fi* na residência do usuário.

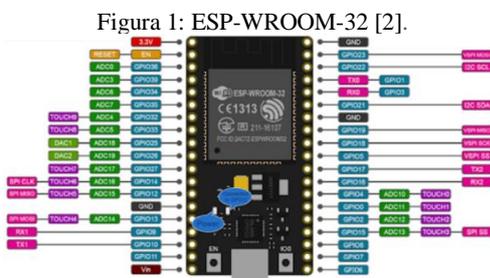
A praticidade se dá pela existência de um aplicativo móvel que possui um *design* simples e, ao mesmo tempo, completo para que o usuário possa acessar e monitorar diversos pontos da residência.

A segurança ocorrerá de forma que o usuário poderá habilitar o alarme de sua residência, ainda que à distância, e fazer o monitoramento do *status* de portas e janelas, além de receber notificação de alarme pelo aplicativo móvel, caso alguma anormalidade for detectada pelo sistema.

A eficiência energética se faz presente quando há o esquecimento de equipamento energizado, por exemplo. Neste caso, esses equipamentos podem ser desligados remotamente ou até mesmo ser monitorados sobre cargas que se encontram acionadas em uma residência. Tais ações contribuem com conceitos de eficiência energética e com possíveis reduções no consumo faturado das contas de energia elétrica.

II. REFERENCIAL TEÓRICO

Inicialmente, realizou-se uma pesquisa bibliográfica a fim de verificar e realizar um levantamento das empresas, em âmbito nacional, que oferecem os serviços na área de automação residencial. Diversos artigos e monografias na área de automação foram apreciados para verificação dos dispositivos e tecnologias empregadas, a fim de se desenvolver um projeto de automação residencial com diferenciais e custo reduzido. Desta forma, com as informações sobre as tecnologias utilizadas pelas empresas, definiu-se a utilização da plataforma microcontrolada ESP32, plataforma esta possuidora das tecnologias *Bluetooth* e *Wi-Fi* embarcadas, além de alto poder de processamento de dados e custo inferior, se comparado com o tradicional microcontrolador Arduino. A Figura 1 ilustra a plataforma microcontrolada ESP32 e suas diversidades de utilização de função para cada pino.



Como complemento da escolha, o módulo NodeMCU se mostrou interessante por ser um dos módulos mais completos que aceita ou é compatível com o microcontrolador ESP32. Este módulo possui regulador de tensão que fixa a tensão em 3,3V, possui 36 pinos de entrada e saída, e possibilita a

transmissão de dados por meio de cabo micro *USB*. Tais características também podem ser observadas na Figura 1.

Após a definição da plataforma microcontrolada, se faz importante, neste momento, denotar como se dá o acionamento de cargas elétricas residenciais neste trabalho. Basicamente, as cargas são divididas em duas classificações iniciais, ou seja, as cargas possuirão um acionamento discreto (liga/desliga) ou estarão sujeitas a controle de potência (cargas resistivas). Para o acionamento de cargas discretas definiu-se a utilização do relé modelo SRD-05VDC-SL-C, cuja capacidade é suficiente para atender as principais cargas residenciais de baixa potência. A Figura 2 ilustra a definição do relé utilizado.

Figura 2: Relé SRD-05VDC-SL-C [3].



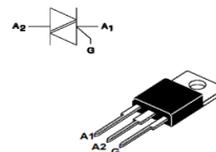
O relé eletrônico tem como objetivo isolar eletricamente dois circuitos. Sua operação é simples e baseia-se na comutação de um conjunto de chaves normalmente aberta e normalmente fechada a partir da alimentação ou não de uma bobina. O sinal elétrico de alimentação da bobina do relé é eletricamente isolado do circuito de chaves que se responsabilizam pela alimentação de uma carga elétrica. Essa comutação das chaves a partir da alimentação da bobina do relé é conseguida por efeito magnético.

Para acionamento e controle de potência em cargas resistivas, após pesquisa, definiu-se que tal controle se daria pela variação forçada da tensão eficaz entregue à carga. Tal método se utiliza do controle do ângulo de disparo em circuitos tiristorizados, a fim de que apenas uma parcela de cada semiciclo da tensão da rede elétrica seja transferida à carga [4].

Na implementação deste circuito de acionamento para cargas tipicamente residenciais, os principais componentes utilizados são: *TRIAC* (modelo BTA16), ponte retificadora CA/CC (quatro diodos modelo 1N4007) e optoacopladores (modelo PC817 e MOC3020).

O *TRIAC* é um dispositivo da família dos tiristores bidirecionais e possui 3 terminais. Seu funcionamento na condução de corrente elétrica se dá somente quando seu terminal de *gate* for acionado, isto é, o *TRIAC* permanecerá em estado de condução enquanto a corrente estiver acima da corrente de sensibilidade de *gate* do dispositivo [5]. Uma ilustração do *TRIAC* pode ser vista na Figura 3, sendo o pino “g” o pino de *gate* do componente.

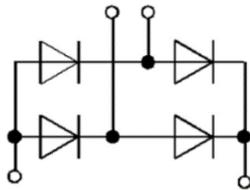
Figura 3: TRIAC modelo BTA16 [6].



A ponte retificadora possui objetivo no circuito deste projeto de contribuir com a detecção do cruzamento de zero da onda de tensão residencial, para que, posteriormente, ocorra o atraso no pulso do *gate* do tiristor, reduzindo, assim, a tensão eficaz entregue a carga.

A ponte de diodos consiste em 4 diodos arranjados para receber uma alimentação alternada em dois de seus terminais e fornecer uma tensão retificada ou contínua pulsante nos outros dois específicos terminais. Tal arranjo da ponte de diodos pode ser observado na Figura 4, sendo os dois terminais da parte superior da figura os terminais de entrada da tensão alternada, e, os outros dois terminais inferiores, os terminais de saída da tensão retificada.

Figura 4: Exemplo de arranjo de ponte retificadora [7].



Os optoacopladores são dispositivos que, assim como os relés, também possuem capacidade de isolar dois circuitos elétricos. No entanto, atuam por meio de luz (infravermelha ou visível) para transferência de sinal ou de efeito de um circuito para o outro. Caracterizam-se por serem dispositivos amplamente utilizados para proteger circuitos sensíveis, visto que isolam os circuitos. Existem vários tipos de optoacopladores, muitos se diferenciando pelas características de saída. As Figuras 5 e 6 indicam dois diferentes optoacopladores.

Figura 5: Optoacoplador modelo PC817 [8].

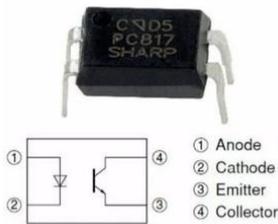
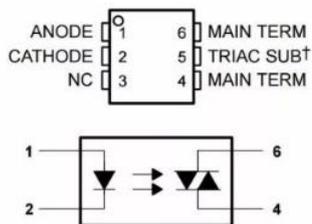


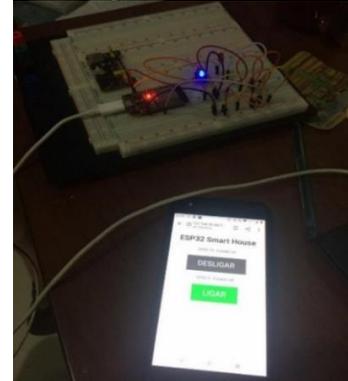
Figura 6: Optoacoplador modelo MOC3020 [9].



O optoacoplador modelo PC817 da Figura 5 é um fototransistor, no qual é utilizado em circuito para realizar a detecção de passagem por zero (*zero crossing*) por meio da saturação do transistor interno. O MOC3020 da Figura 6 consiste em um fototriac, tendo este como funcionalidade controlar o disparo do *TRIAC* por meio de um sinal recebido do microcontrolador.

Com o acionamento discreto (liga/desliga) e o circuito de controle de potência estudados, buscou-se na bibliografia uma forma de realizar a comunicação entre o ESP 32 e o *smartphone*, na qual, por meio de um servidor local via rede *Wi-Fi* hospedado no ESP32, o *smartphone* é conectado via *IP* (protocolo de internet) podendo, assim, realizar as devidas comunicações e viabilizar ações para o acionamento das cargas liga/desliga e o controle de potência através de um *slider*. Através da Figura 7, pode-se observar a atuação do servidor local, atuando no liga/desliga de um *LED* azul.

Figura 7: Conjunto servidor local / ESP32.



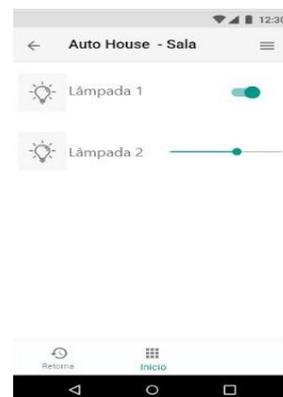
Posteriormente, a pesquisa bibliográfica teve o intuito de desenvolver o aplicativo *mobile* para o *smartphone android*. Para tal desenvolvimento utilizou-se as ferramentas *Flutter* e *Firestore*.

O *Flutter* consiste em um *framework* para linguagem de programação *Dart* que foi utilizada no desenvolvimento do aplicativo móvel, sendo responsável na comunicação do dispositivo móvel e o banco de dados da Google (*Firestore*).

III. DESENVOLVIMENTO

Com o intuito de realizar o acionamento das cargas elétricas através de um aplicativo móvel para poder proporcionar comodidade ao usuário, desenvolveu-se, inicialmente, o *front-end* e as funções básicas dos acionamentos, como exemplo: a função liga e desliga de uma carga luminosa desenvolvida no aplicativo móvel em linguagem *Dart* com *framework Flutter*. O *Front-end* com as primeiras inserções para comando de cargas podem ser observadas na Figura 8.

Figura 8: *Front-end* do aplicativo.

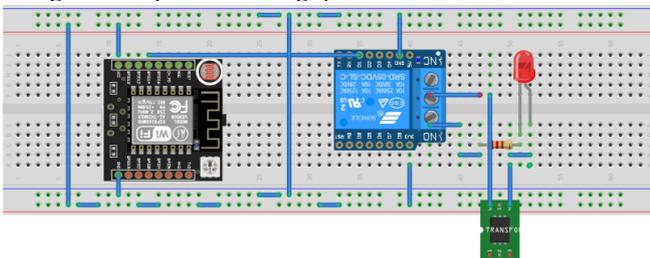


Como mencionado, o *layout* da Figura 8 se tratou de um desenvolvimento inicial que atendesse a continuidade dos desenvolvimentos, isto é, teve como objetivo proporcionar interface de funções no aplicativo móvel para viabilizar a programação no microcontrolador e posteriores testes em circuitos eletrônicos para o acionamento de potência de determinadas cargas elétricas.

Para o desenvolvimento e teste da comunicação entre o aplicativo e a plataforma microcontrolada, foi criada uma função no aplicativo móvel que identifica o estado de um botão teste, conectado ao microcontrolador, a fim de verificar se o mesmo está acionado ou não. Desta forma, a informação de campo é enviada para o banco de dados, através da criação de uma API (*Application Programming Interface*) que é utilizada na *cloudfunctions* do *Firebase* que, por sua vez, gera um arquivo *JSON* (*JavaScript Object Notation*) com as informações essenciais contidas no banco. O *JSON* é um arquivo que é solicitado pelo *ESP32* e permite a segmentação dos dados a fim de retirar informações das respectivas variáveis utilizadas na programação. Com este sistema, é possível realizar mudanças nas informações e estados lógicos contidos no microcontrolador e nos dispositivos automatizados desde que o aplicativo tenha acesso à internet.

Para o acionamento de cargas discretas (liga/desliga), foi montado um circuito com o relé modelo *SRD-05VDC-SL-C* junto ao microcontrolador. A montagem foi disposta de forma que o microcontrolador alimentasse a bobina do relé e, conseqüentemente, fosse responsável por enviar nível lógico alto ou baixo para o atracamento do relé, permitindo, assim, o acionamento de determinada carga. A informação ou comando necessário para que o *ESP32* envie nível lógico para atracar o relé, é recebida do aplicativo móvel a partir da conexão do *smartphone* ao protocolo de internet e da condição da plataforma microcontrolada estar conectada a alguma rede *Wi-Fi* com também acesso à internet. Assim, as informações recebidas são processadas pelo microcontrolador para determinar acionamento das cargas. Um esquemático exemplo em *CAD* (*computer aided design*) acerca do teste de acionamento de carga discreta pode ser visualizado na Figura 9.

Figura 9: Esquemático de ligação de circuito de acionamento.

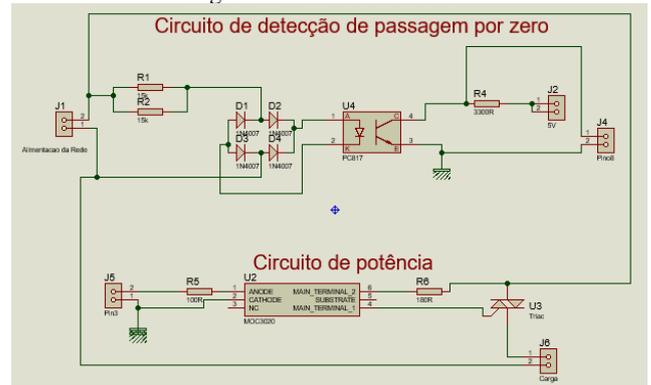


Ao observar a Figura 9, nota-se que o circuito foi montado com um *LED* e um transformador. No entanto, estes equipamentos estão apenas simbolizando a carga e a alimentação da rede, respectivamente.

Após checagem do funcionamento teste do acionamento discreto de cargas, realizou-se uma montagem de um esquemático de ligação do circuito de controle de potência, o qual é subdividido em circuito de detecção de passagem por

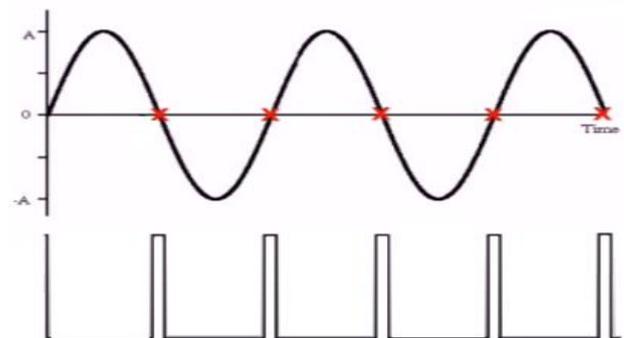
zero e circuito de potência, propriamente dito, como mostra a Figura 10.

Figura 10: Circuito *Dimmer*.



O circuito de detecção de passagem por zero é responsável por fazer a detecção do momento em que a tensão de alimentação da rede cruza o valor de 0V. O componente principal responsável por fazer tal detecção é o optoacoplador modelo *PC817*. Quando a tensão da rede possui valores próximos a 0V, o transistor do *PC817* funciona como uma chave aberta, permitindo envio de um pulso de 3,3V para o microcontrolador [10]. Um exemplo de forma de onda da tensão da rede e de possíveis sinais de tensão que são enviados ao microcontrolador na detecção de cada cruzamento de zero podem ser visualizados na Figura 11.

Figura 11: Detecção de passagem por zero. [11].



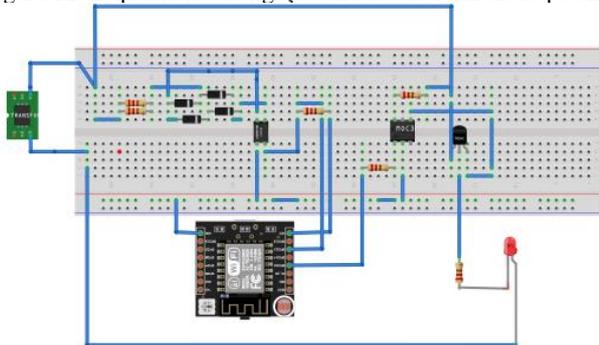
Após receber o pulso da detecção de passagem por zero, o microcontrolador interpreta o dado recebido na entrada digital e, após processamento de algoritmo, realiza o envio de um sinal de disparo para o circuito de potência. Esta etapa do circuito se inicia no recebimento do sinal de disparo do microcontrolador ao optoacoplador modelo *MOC3020*, que, por sua vez, realiza o acionamento do *TRIAC* através do envio de uma corrente no terminal *gate* do tiristor, autorizando ou favorecendo, assim, o acionamento da carga elétrica com tensão eficaz controlada pelo tempo de atraso no disparo após a detecção do cruzamento de zero.

Com a finalidade de controlar o tempo de disparo do *TRIAC*, no qual controlará a potência média entregue a carga e, assim, controlando o brilho da lâmpada, será utilizado a função *attachInterrupt()*, pois a mesma se mostrou ideal para solução de problemas de temporização. Esta função proporciona a interrupção de determinado pino do

microcontrolador em um curto intervalo de tempo, fazendo com que a tensão entregue a carga seja modelada de acordo com a entrada do usuário no aplicativo móvel, ou seja, de acordo com a intensidade de brilho (carga luminosa, por exemplo) requisitada pelo usuário.

Para melhor visualização do circuito de controle de potência, foi realizada, na Figura 12, uma montagem exemplo em CAD com base no circuito da Figura 10.

Figura 12: Esquemático de ligação circuito de controle de potência.

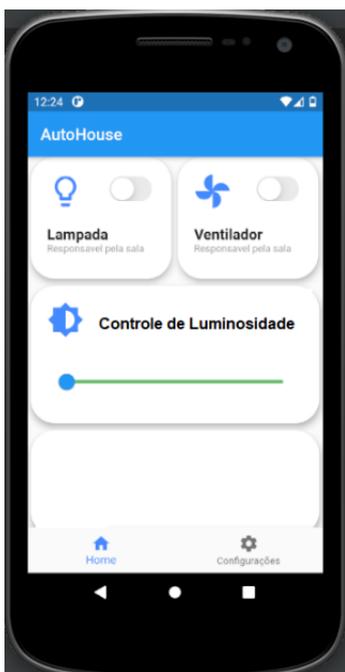


Vale ressaltar que o *LED* e o transformador presentes na Figura 12 representam uma carga luminosa e a rede de alimentação, respectivamente.

IV. RESULTADOS

Tendo como objetivo aprimorar o *designer* gráfico do aplicativo móvel, visto que o parâmetro visual influencia diretamente na experiência do usuário, fornecendo ainda maior facilidade na utilização do aplicativo, este aprimoramento foi desenvolvido e pode ser observado na Figura 13.

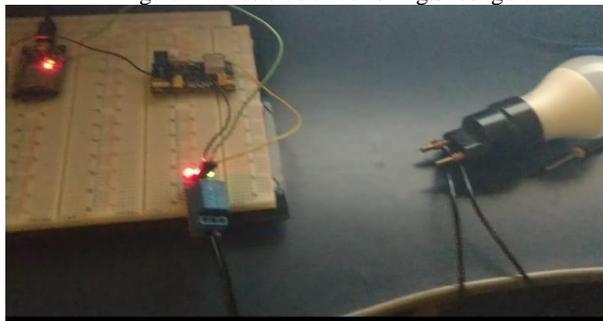
Figura 13: Aplicativo móvel na versão atual.



Esta atualização busca trazer uma maior facilidade de uso e interpretação visual do usuário para realizar o acionamento de algumas cargas remotamente.

Com a aquisição de todos os componentes para viabilizar o acionamento de cargas discretas e o circuito de controle de potência, foi realizado a montagem teste, em *protoboard*, do circuito “liga/desliga”, conforme a Figura 14.

Figura 14: Teste de circuito “liga/desliga”.



O funcionamento do circuito consiste no recebimento dos dados do aplicativo pelo microcontrolador, que, por sua vez, processa as informações e realiza a comutação da porta lógica em nível alto ou baixo, a fim de que o relé atraque, acionando ou desacionando a lâmpada. Esta dinâmica do acionamento pode ser conferida na Figura 15.

Figura 15: Lâmpada acionada pelo circuito desenvolvido.



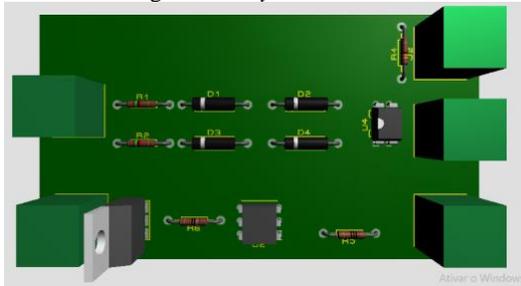
Importante notar que a lâmpada observada nas Figuras 14 e 15 poderia ser substituída por outros tipos de carga. Neste sentido, realizou-se também o mesmo teste de acionamento remoto para um ventilador como carga. O resultado do acionamento “liga/desliga” do ventilador deu-se com igual sucesso, pois foi possível realizar o acionamento remoto, de modo que a carga se encontrava na cidade de Lagoa da Prata-MG e o acionamento foi feito a partir do aplicativo móvel que se encontrava em um dispositivo na cidade de Belo Horizonte MG.

Como característica prática dos resultados das diferentes testagens, foi percebido que para realizar o acionamento remoto da lâmpada, o tempo para o acionamento era menor que para o acionamento do ventilador, fato que possivelmente deve-se as características indutivas presentes na carga, velocidade de comunicação das redes de internet utilizadas e, até mesmo, o tempo de processamento de dados e de comunicação realizado pelo ESP32.

A próxima implementação pretendida neste projeto é o desenvolvimento do circuito eletrônico final para o controle

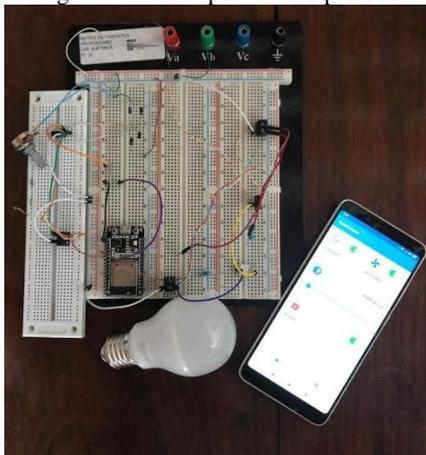
de potência de cargas resistivas, cujo momento atual se encontra em fase de desenvolvimento e montagem. A Figura 16 ilustra o atual desenvolvimento da prototipagem do circuito almejado, possuindo o *layout* 3D da placa de circuito impresso que será confeccionada e montada em um futuro breve. O *layout* desta placa ilustrada na Figura 16 foi desenvolvida com o auxílio da ferramenta “3D visualizer” do software Proteus.

Figura 16: *Layout* PCB 3D.



O resultado final do protótipo de automação deste projeto pode ser visualizado na Figura 17.

Figura 17: Protótipo final em protoboard



De forma complementar e de acordo com a Figura 17, o protótipo de automação é constituído por três partes: i) plataforma própria desenvolvida para dispositivos *mobile*; ii) plataforma microcontrolada (ESP32); e circuitos de potência para o acionamento de cargas.

V. CONCLUSÕES

Em virtude dos avanços tecnológicos, o desenvolvimento deste projeto de automação residencial possibilita que os usuários sejam beneficiados com maior comodidade, segurança e praticidade em sua residência, uma vez que o acionamento das cargas elétricas de sua casa possa ser realizado à distância e através de interface *mobile*.

Por meio dos resultados obtidos neste projeto foi possível realizar o acionamento de diferentes tipos de cargas, visto que, a partir dos testes, também conseguiu-se acionar cargas que se encontravam em diferentes cidades. Desta forma, o projeto se mostrou eficiente para o remoto controle de cargas com base na comunicação *Wi-Fi*. Uma possível futura implementação para este projeto seria a inserção de um monitoramento de segurança da residência por imagens em tempo real através de

outra plataforma microcontrolada, o *ESP32 cam*, por exemplo. Também seria possível adicionar outras funcionalidades na proposta de automação residencial, como sensores de luminosidade em conjunto com os circuitos *dimmers*, a fim de melhorar, ainda mais, a eficiência energética do projeto.

VI. REFERÊNCIAS

- [1] ACCARDI, A.; DODONOV, E. *Automação Residencial: elementos básicos, arquiteturas, setores, aplicações e protocolos*. Revista T.I.S. da Universidade Federal de São Carlos - UFSCAR. São Carlos/SP, v. 1, n. 2, 2012.
- [2] ESPRESSIF. *ESP-WROOM-32 Series: Datasheet*. 3. ed. Xangai: *Espressif System*, 2020. Disponível em: <https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32-wroom-32_datasheet_en.pdf>. Acesso em: 26 de agosto de 2020.
- [3] CURTO CIRCUITO. *Modulo rele 1 canal - 5v/10A: Datasheet*. *Future Eletronic Corporation (FEC)*, 2020. Disponível em: <<https://curtocircuito.com.br/datasheet/modulo/rele-1canal.pdf>>. Acesso em: 26 de agosto de 2020.
- [4] ISERHARDT, M.R. *Modulação de Potência por Ciclos Inteiros: Técnicas de Atenuação de Flicker*. 2014. 87f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Programa de Pós-graduação Stricto Sensu em Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Pampa.
- [5] SANTOS, L.C.S. *Sistema eletrônico de alto desempenho com baixa distorção harmônica para controle de intensidade luminosa de lâmpadas incandescentes de alta potência*. Florianópolis, 2001. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Universidade Federal de Santa Catarina.
- [6] EAST SEMICONDUCTOR. 16A TRIACS BTA16-800B: Datasheet: East Semiconductor CO., LTD, 2020. Disponível em: <<https://cdn-reichelt.de/documents/datenblatt/A400/BTA16-800B.pdf>>. Acesso em: 27 de agosto de 2020.
- [7] NEWPORT. *SKB35/10 Ponte Retificadora 35A 1000Volts*. Disponível em: <<https://loja.newportcom.com.br/product/skb35-10-ponte-retificadora-35a-1000volts/>>. Acesso em: 13 de setembro de 2020.
- [8] SHARP. *PC817 Photocoupler: Datasheet*. *Sharp Corporation*, 2020. Disponível em: <https://global.sharp/products/device/lineup/data/pdf/datasheet/PC817XxNSZ1B_e.pdf>. Acesso em: 27 de agosto de 2020.
- [9] ISOCOM. *MOC 3020: Datasheet: Isocom Components* 2020. Disponível em: <<https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/166664/ISOCOM/MOC3020.html>>. Acesso em 27 de agosto de 2020.
- [10] FERNANDO K TECNOLOGIA. *Dimmer Wifi com ESP8266*. 2019. 20 de agosto. Disponível em: <<https://www.fernandok.com/2019/08/dimmer-wifi-com-esp8266.html>>. Acesso em: 04 de setembro de 2020.
- [11] BRISTOLWATCH. *Zero Crossing Detectors Circuits and Applications*, 2018. Disponível em: <http://www.bristolwatch.com/ele2/zero_crossing.htm>. Acesso em: 13 de setembro de 2020.