

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS
ESCOLA DE CIÊNCIAS EXATAS E DA COMPUTAÇÃO
GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO



AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL UTILIZANDO ARDUINO

PAULO JOÃO DE SOUSA NETO

GOIÂNIA
2021

PAULO JOÃO DE SOUSA NETO

AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL UTILIZANDO ARDUINO

Trabalho de Conclusão de curso apresentado à Escola de Ciências Exatas e da Computação, da Pontifícia Universidade Católica de Goiás como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Ciências da Computação.

Orientador (a): Prof. Me. Anibal Santos Jukemura

Banca Examinadora:

Prof. Me. Gustavo Siqueira Vinhal

Profa. Ma. Ludmilla Reis Pinheiro dos Santos

GOIÂNIA

2021

PAULO JOÃO DE SOUSA NETO

AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL UTILIZANDO ARDUINO

Este trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para a obtenção do título de Bacharel em Ciência da Computação, e aprovado em sua forma final pela escola de Ciências Exatas e da Computação, da Pontifícia Universidade Católica de Goiás em ____/____/____.

Profa. Ma. Ludmilla Reis Pinheiro dos Santos
Coordenadora de Trabalho de Conclusão de
Curso

Banca Examinadora:

Orientador: Prof. Me. Anibal Santos Jukemura

Prof. Me. Gustavo Siqueira Vinhal

Profa. Ma. Ludmilla Reis Pinheiro dos Santos

GOIÂNIA

2021

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus por ter me concedido a oportunidade de chegar até este grande dia e por sempre estar comigo em tudo.

Aos meus grandes avós que proporcionaram tudo que tenho hoje na vida, Paulo João de Sousa e Vicência Paula de Sousa.

Ao meu orientador Anibal Santos Jukemura, que sempre admirei como professor e como um grande homem com vasta sabedoria e humor único.

A minha companheira Jhennifer Dayane Ferreira Matias que esteve ao meu lado orando por mim e me proporcionando excelentes momentos.

Aos meus grandes amigos que fizeram essa jornada possível: Diogo Oliveira Luz, Fabrício Elias de Souza, Fernando Carlos Brandão Filho, Gabriela Leles Carvalho, Gabriella Assis de Deus, João Gabriel Rodrigues de Lima, Lauanne Marques Santos, Leonam Oliveira da Silva Lima, Leonardo Rodrigues Furtado, Lucas Machado Carvalho, Marcos Antônio da Silva Nascimento, Miguel Alves Pires Junior, Walacy Batista Pires e vários outros que proporcionaram os melhores momentos nessa universidade e também na minha vida.

A todos os professores, que juntos contribuíram para minha formação. Em especial, o professor Dr. Gustavo Siqueira Vinhal e a professora Ma. Ludmilla Reis Pinheiro dos Santos que aceitaram fazer parte da banca examinadora deste trabalho.

E a todos(as) que direta ou indiretamente colaboraram para a realização do meu trabalho.

"Somos feitos de poeira de estrelas. Nós somos uma maneira de o cosmos se autoconhecer."

Carl Sagan

RESUMO

A automação residencial busca aplicar tecnologias existentes para apresentar meios mais eficientes de facilitar tarefas que antes eram efetuadas de forma estritamente manual. Além disso, elementos residenciais com funcionamento automatizado representam uma tendência tecnológica já adotada em diversos países. Sob esse prisma, o presente trabalho apresenta uma implementação de automação residencial, com prototipação e implantação de uma persiana vertical automatizada em tamanho real para janela que utiliza um sensor de som para efetuar sua abertura e fechamento, através da detecção de palmas. Seu funcionamento básico ocorre pela identificação sonora de palmas, para realizar o processo de abertura e fechamento da persiana. Durante o trabalho, serão relatados todos os mecanismos de automação residencial e ferramentas utilizados no processo, especificamente sobre o controlador Arduino Uno. Pretende-se demonstrar que, através de itens de baixo custo, é possível construir um acessório automatizado que exige o mínimo de interações possíveis. Serão apresentadas também demonstrações da sua usabilidade e da sua praticidade.

Palavras-Chave: *Persiana automatizada, Arduino, automação residencial.*

ABSTRACT

Home automation seeks to apply existing technologies to present more efficient means of facilitating tasks that were previously performed strictly manually. In addition, residential elements with automated operation represent a technological trend already adopted in several countries. From this perspective, the present work presents an implementation of home automation, with prototyping and implementation of a vertical shutter automated in full size for window that uses a sound sensor to make its opening and closing, through the detection of palms. Its basic operation occurs by the sound identification of palms, to perform the process of opening and closing the blind. During the work, all home automation mechanisms and tools used in the process will be reported, specifically on the Arduino Uno controller. It is intended to demonstrate that, through low-cost items, it is possible to build an automated accessory that requires as few possible interactions. Demonstrations of their usability and practicality will also be presented.

Keywords: *Automated Blinds, Arduino, Residential Automation.*

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Janela automatizada	18
Figura 2 - Micro servo Tower Pro SG90	19
Figura 3 - Placa Arduino – Uno	20
Figura 4 - Sensor de Som KY-038	21
Figura 5 - Protoboard 400 furos	21
Figura 6 - Cabos Jumper macho x macho	22
Figura 7- Resistor 10K Ohm 1/4W	22
Figura 8 - LED	23
Figura 9 – Ideia inicial do protótipo	24
Figura 10 – Diagrama técnico do protótipo	25
Figura 11 - Metodologia de funcionamento do algoritmo construído em Arduino.....	26
Figura 12 - Protótipo em tamanho reduzido	27
Figura 13 - Conexões do protótipo	27
Figura 14- Correntes de Bicicleta	29
Figura 15 - Engrenagens	30
Figura 16 - Compensados e esqueleto da Janela	30
Figura 17 - Servo Motor Tower Pro Mg 995.....	31
Figura 18 - Raspberry Pi.....	35

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Preços dos Componentes Protótipo.	28
Tabela 2 - Preços dos Componentes Total	33
Tabela 3 – Preços dos componentes protótipo em tamanho real	34

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

Cm – Centímetro

dB – decibel

IDE - *Integrated Development Environment*

Khz - Kilohertz

LED - *light-emitting diode*

LxA – Largura por Altura

mA – Miliampere

Mm – Milímetro

V – Volt

W – Watt

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 OBJETIVOS	12
1.2 JUSTIFICATIVA	13
1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO	13
2 REFERENCIAL TEÓRICO	15
2.1 AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL	15
2.2 ARDUINO	16
2.3 TRABALHO RELACIONADO	17
2.3.1 JANELA AUTOMATIZADA	17
3 METODOLOGIA	19
3.2 TINKERCAD	23
3.3 PROTÓTIPO EM TAMANHO REAL	29
4 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS	34
4.1 DIFICULDADES ENCONTRADAS	36
5 CONCLUSÃO	37
REFERÊNCIAS	39
APÊNDICE A	41

1 INTRODUÇÃO

A automação residencial ou Domótica consiste em aplicar tecnologias existentes em uma residência com intenção de facilitar as tarefas das mais simples às mais complexas. Avanços tecnológicos para o ambiente residencial têm atraído um maior interesse com a sua aplicação voltada para tarefas complexas (SILVA et al., 2018). Todavia, a automação permite ao usuário obter o controle total sobre lâmpadas, ar-condicionado, alarmes, irrigação de jardins e vários outros itens eletrônicos.

Existem inúmeras vantagens na aplicação da automação residencial, envolvendo principalmente economia e até mesmo a comodidade proporcionada. No mercado, são encontradas várias empresas que seguem conceitos de automação para efetuar integrações de equipamentos em locais apropriados. A automação de casas comporta benefícios muitos relevantes. Para exemplificar uma situação atual muito singular, observa-se a redução substancial em gastos com energia e água em residências que já recorrem a dispositivos automatizados (SILVA et al., 2018).

Diante desse contexto e, visando apresentar um protótipo de uma persiana vertical de janela residencial automatizada, de baixo custo, o objetivo desse trabalho é o uso de uma placa Arduino para viabilizar o processo de automação. Arduino é uma plataforma de prototipagem eletrônica que possui micro controladores com suporte a entrada e saída usando uma linguagem de programação própria. Através dessa plataforma é possível, de forma flexível e fácil, fazer com que a placa se comunique com componentes externos através de ligações controladas e programadas (SIGAKI et al., 2017).

Nesse trabalho, será apresentado o projeto de uma persiana vertical que, através de reconhecimento sonoro, realizará a ação de se abrir e fechar automaticamente.

O propósito desse trabalho será exposto nos objetivos a seguir.

1.1 OBJETIVOS

Pretende-se com esse trabalho, construir um protótipo em Arduino capaz de realizar o acionamento automático de uma persiana para janela residencial em tamanho real, viabilizando uma implementação de automação residencial de baixo custo.

Do objetivo principal, podem ser extraídos os seguintes objetivos secundários:

- Utilizar um sensor sonoro com a intenção de automatizar e facilitar o reconhecimento de sonoridades específicas, como no caso, o som emitido pelas palmas das mãos, para que a persiana atue sobre o ambiente interno;

- Facilitar o processo de abertura de uma persiana sem contato físico do usuário;
- Evidenciar que o sistema de automação pode ser comercializado atualmente com baixo custo.

1.2 JUSTIFICATIVA

O trabalho aqui apresentado é justificado pelo aumento da pesquisa sobre automação residencial em termos de facilidade e conforto. O termo “Arduino” pesquisado em uma das principais bases de artigos científicos do mundo, *Science Direct* (*Science Direct*, 2021), resulta 3682 trabalhos publicados entre os anos de 2019 a 2021.

A automação residencial é hoje uma das mais estudadas e aplicadas em tecnologias, juntamente com *Machine Learning* e Inteligência Artificial. No ano de 2019, a assistente virtual da *Amazon*, *Alexa*, chegou no Brasil, batendo recordes de vendas e popularizando o conceito. Fato é que o tema desse estudo nunca esteve tão em alta e quaisquer trabalhos que tratem de automação residencial e aplicações do Arduino são bem recepcionados pela comunidade científica.

1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

A estrutura do presente trabalho consiste em quatro capítulos que tratam os seguintes assuntos:

- O Capítulo 1 apresenta a ideia geral do trabalho, os objetivos a serem alcançados e uma descrição geral do desenvolvimento do protótipo a ser implementado.
- O Capítulo 2 descreve as referências bibliográficas que demonstram a teoria utilizada no projeto.
- O Capítulo 3 demonstra a implementação de *software* e *hardware*. Nesse capítulo é descrita a conexão entre os componentes de *hardware*, a programação realizada no micro controlador e a utilização de alguns elementos eletrônicos que são necessários para o funcionamento dos componentes principais ou apenas para regulação. Há também a descrição completa do protótipo da persiana vertical automatizada para janela em tamanho reduzido, bem como em tamanho real, suas vantagens e desvantagens de uso e de custos.
- O Capítulo 4 descreve as dificuldades encontradas.

- O Capítulo 5 apresenta a avaliação global do trabalho, onde são reveladas as considerações finais e são descritas sugestões para trabalhos futuros.
- Há também um Apêndice A que apresenta o código desenvolvido para o funcionamento do protótipo final.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

O referencial teórico do presente projeto foi estruturado em três tópicos: Sobre o conceito de automação residencial e suas aplicações; O micro controlador Arduino e sobre o trabalho relacionado estudado para o desenvolvimento.

2.1 AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL

Os projetos de automação residencial têm como finalidade trazer mais conforto para os moradores e facilidade para o cumprimento de tarefas diárias de maneira prática e segura. Dentre os métodos mais utilizados citam-se as assistentes virtuais, os controles universais *smart* e a própria programação em Arduino para projetos de automação, tecnologia bem comum no meio acadêmico.

Automação é definida como a participação de computadores em processos, com o objetivo de auxiliar ou substituir a força de trabalho humana. A automação preza: “[...] pela segurança, pelo aumento da qualidade do produto, redução de custos, aumento do fluxo de produção, e outras vantagens, permitindo um melhor planejamento e controle dos processos industriais” (MARQUES et al, 2017)

Ainda segundo Marques, o processo de automação pode ser definido como sendo “todo sistema interligado e assistido por meio de uma rede de comunicação”. Já SILVA et al, 2018 comentam que, como a automação é utilizada e quais os principais objetivos da área, onde:

“A automação é uma tecnologia preocupada com a aplicação de mecânica, eletrônica e sistemas baseados em computadores que visa auxiliar e executar algumas funções e melhora sua eficiência na operação. ” E complementam: “o principal motivador da automação é a busca de maior qualidade e flexibilidade dos processos, tornando os equipamentos mais eficientes e consequentemente reduzindo os custos operacionais”.

Já a automação residencial passou por substanciais avanços tecnológicos ao longo dos últimos anos. No passado, existia uma automação isolada e dedicada a apenas uma ação, como o controle do sistema de ventilação ou iluminação. Já hoje, principalmente com a evolução dos *smartphones*, o processo de automação residencial foi simplificado consideravelmente. Alia-se a tal fato a praticidade trazida pelas assistentes virtuais e as barreiras para as casas já não mais existentes (SIGAKI et al., 2017).

Paulus et al. (2017, p. 6) comentam sobre a automação residencial:

“A automação residencial é um ramo derivado da Automação Industrial, com foco nas operações domésticas. É responsável pelo controle de equipamentos elétricos e eletrônicos sem que haja necessidade de intervenção humana com os mesmos, mas sim, através de sistemas de controle. O grande objetivo é facilitar as tarefas do cotidiano, de modo a atender às necessidades das pessoas no que se refere à autonomia, segurança e conforto (PAULUS et al., 2017, p. 6).”

A seguir será explicado o funcionamento da placa Arduino, principal componente do projeto.

2.2 ARDUINO

O Arduino foi criado em 2005 por uma equipe de pesquisadores: David Cuartielles, Massimo Banzi, Tom Igoe, Gianluca Martino e David Mellis (SPECTRUM, 2015).

O principal objetivo de seus criadores foi a produção de uma pequena e simplificada placa controladora com um processador e componentes que manipulam entrada e saída. Suas principais características, são:

- baixo custo na prototipagem, visto que contam com controladores que possuem entradas e saídas utilizando *inputs* e *outputs* analógicos e digitais;
- sua construção é de *software* aberto. A grande vantagem de possuir *software* aberto, é que podem ser inclusas novas funcionalidades alterando os módulos presentes na placa para efetuar serviços específicos;
- não requer grande experiência em eletrônica e/ou programação.

De forma resumida, o Arduino Uno é uma placa de pequenas dimensões e fácil aprendizado e manipulação, utilizada principalmente na criação de projetos tecnológicos. Possui ampla utilização em salas de aula de cursos tecnológicos e superiores de Engenharia devido à sua aplicabilidade e baixo custo. A placa do Arduino Uno é dotada de *software* aberto (*open-source*), *hardware*, uma IDE gratuita e linguagem de programação baseada em C/C++ (REIS et al., 2020).

Para dar fundamento técnico a esse trabalho, será descrito a seguinte, um trabalho de pesquisa relacionado ao uso de Arduino Uno em automação residencial.

2.3 TRABALHO RELACIONADO

Nesta seção será apresentado um projeto similar, que serviu como base para a construção do protótipo proposto. Serão utilizados conceitos já apresentados de automação residencial para a descrição dos trabalhos de janela automatizada.

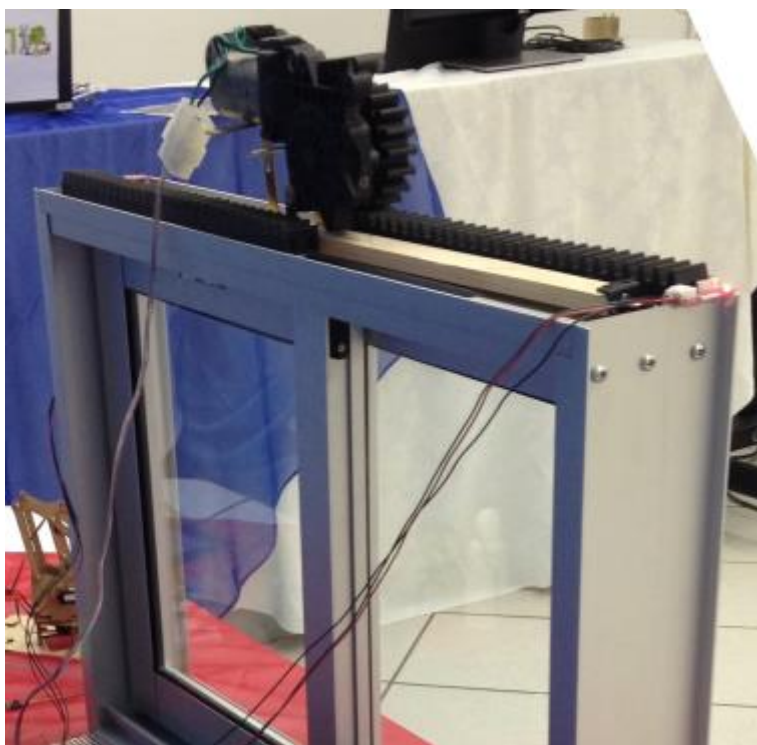
2.3.1 JANELA AUTOMATIZADA

A pesquisa apresentada por JEAN em 2017, no 6º Fórum Internacional ECOINNOVAR, relata sobre o protótipo de uma aplicação para dispositivos móveis, que efetua as operações de abertura e fechamento de uma janela automatizada (Jean et al, 2017).

Para a construção do protótipo foram utilizados os seguintes itens:

1. Janela com dimensão 70x50cm (LxA)
2. Uma engrenagem
3. Motor 12v
4. Arduino MEGA
5. Sensor de chuva
6. *Shield Ethernet*
7. Módulo Relé
8. Fonte 12v
9. Potenciômetro

Figura 1 - Janela automatizada



FONTE: Jean et al, 2017.

A Figura 1 apresenta uma imagem do protótipo proposto pelos pesquisadores. Seu funcionamento se dá pela ativação do módulo *Ethernet* através de um *Shield*, como no projeto não é citado qual módulo utilizado, supõe-se que se trate da conexão 802.3n que capta o sinal transmitido via aplicação em dispositivo móvel. O sinal é interpretado de forma que o módulo relé efetua o acionamento do motor, ativando ou desativando o módulo. Conforme é descrito pelos autores, foi adicionado um módulo de medidor de umidade, que provoca o fechamento da janela, em caso de chuva ou derramamento de líquido proveniente do ambiente envolvido (interno ou externo).

Conforme descrito no trabalho, o protótipo contribuiu com a pesquisa realizada, apresentando um resultado satisfatório.

Apesar da viabilização técnica do protótipo, observou-se ainda a seguinte melhoria:

- A engrenagem na parte superior do projeto ocupa muito espaço, possibilitando, portanto, uma revisão no projeto que vislumbre a redução do mecanismo.

3 METODOLOGIA

O trabalho aqui apresentado é definido como um estudo de caso. Buscou-se inicialmente pesquisas sobre automação residencial, principalmente voltados para equipamentos tecnológicos que suportem este tipo de uso. Após as pesquisas realizadas, cogitou-se a possibilidade da construção de um protótipo em tamanho reduzido que fosse capaz de atender as expectativas do projeto. Ao garantir que a placa Arduino funcionasse como proposto inicialmente, o protótipo foi melhorado para um protótipo de tamanho real para que fosse possível verificar se o mecanismo funcionaria da mesma forma que feita no protótipo reduzido e também se o projeto manteria o propósito de baixo custo.

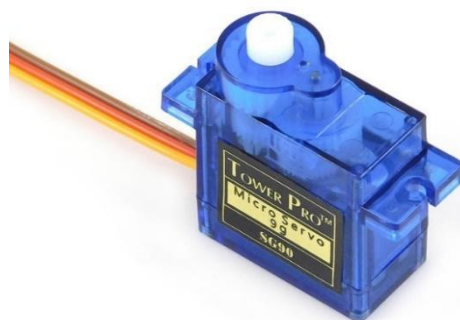
3.1 PROTÓTIPO DA PERSIANA AUTOMATIZADA EM TAMANHO REDUZIDO

Para viabilização deste trabalho, foi feita a construção de uma versão prototipada em escala reduzida de uma janela com persianas verticais, onde foram colocados todos os componentes responsáveis pelo funcionamento. O propósito dessa atividade é avaliar a possibilidade da construção de um protótipo em tamanho real com as mesmas funcionalidades e ainda manter o custo acessível.

O micro servo motor SG90 (Figura 2) é um motor amplamente utilizado em aplicações de robótica, em sistemas microcontroladores como Arduino, PIC e AVR. É um módulo que mostra movimentos proporcionais aos comandos exibidos e controla a rotação e a posição. Servo motores são dispositivos de malha fechada. Eles operam recebendo um sinal de controle onde passam a verificar a posição atual e atuam no sistema indo para a posição desejada. O Micro Servo SG90 é um motor compacto, pesando apenas 9g e oferecendo um torque máximo de ~ 1,6kg (FILIPEFLOP, 2021).

- i) Micro Servo *Tower Pro* SG90

Figura 2 - Micro servo Tower Pro SG90



Fonte: FILIPEFLOP, 2021

Arduino Uno (Figura 3) é uma placa micro controladora baseada no ATmega328P. Seu conceito é ser uma placa que pode ser facilmente conectada à um computador e programada via IDE (*Integrated Development Environment* ou Ambiente de Desenvolvimento Integrado) utilizando uma linguagem baseada em C/C++. Para o Arduino existem os chamados *Shields*, que são placas que são encaixadas para expandir suas funcionalidades. Ao mesmo tempo que uma automação é executada pelo Arduino, suas saídas analógicas e/ou digitais permitem que os módulos instalados disponibilizem dados externamente (FILIPEFLOP, 2021)

O Arduino Uno, de acordo com Sigaki et al. (2017), dispõe de 14 pinos digitais de entrada/saída (dos quais 6 podem ser usados como saídas PWM), 6 entradas analógicas, um cristal de quartzo 16 MHz, uma conexão USB, uma tomada de energia, um ICSP cabeçalho e um botão de reset.

- ii) Placa Arduino – Uno;

Figura 3 - Placa Arduino – Uno



Fonte: ARDUINO, 2021

O Sensor de som KY-038 (Figura 4) é um módulo eletrônico integrado com um microfone condensador elétrico, que capta a intensidade de som do ambiente. O limite de detecção é ajustado pelo potenciômetro presente no sensor que regula a saída digital. O sensor opera na tensão de 4-6v.

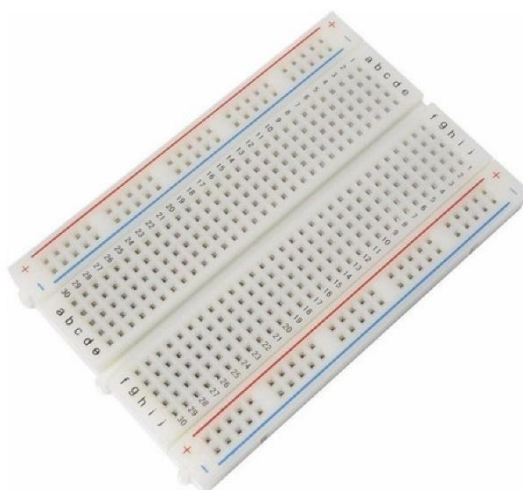
iii) Sensor de Som KY-038;

Figura 4 - Sensor de Som KY-038



Fonte: FILIPEFLOP, 2021

Uma *protoboard*, ou matriz de contatos, é uma placa com orifícios e conexões condutoras que são usadas para montar protótipos e projetos em um estado inicial. A placa de ensaio permite que o circuito eletrônico seja montado de uma forma muito simples, pois não requer solda nos contatos. Foi utilizada a *protoboard* de 400 furos para deixar um grande distanciamento entre as conexões para facilitar modificações futuras.

iv) *Protoboard* 400 furos;Figura 5 - *Protoboard* 400 furos

Fonte: FILIPEFLOP, 2021

Cabos de *jumper* macho - macho são usados na prototipagem de componentes eletrônicos. São peças indispensáveis em bancas de projetos. Portanto, não há necessidade de prensar, soldar ou adotar soluções alternativas para fazer conexões no projeto.

- v) Cabos *Jumper* macho x macho;

Figura 6 - Cabos Jumper macho x macho



Fonte: FILIPEFLOP, 2021

A função do resistor é limitar o fluxo de corrente que flui através dele. Esse limite é chamado de resistência, é medido em ohms e define o quão leve ou difícil os elétrons devem ser para fluir através da resistência. No projeto o resistor foi utilizado apenas para acionar o LED (*light-emitting diode*).

- vi) Resistores 10K Ohm;

Figura 7- Resistor 10K Ohm 1/4W



Fonte: FELIPEFLOP, 2021

O LED é um componente semicondutor eletrônico que consiste em cristais semicondutores de silício ou germânio. Os LEDs têm a mesma tecnologia dos chips de computador, que podem converter energia em luz.

No processo de construção do protótipo, foi identificado que seria viável a construção das persianas na posição vertical para economia de recursos. Caso fossem colocadas na horizontal, seria necessária a utilização de mais servo motores para a movimentação, uma vez que o peso não seria colocado em eixos verticais.

- i) LED.

Figura 8 - LED



Fonte: BRASILESCOLA, 2021

3.2 TINKERCAD

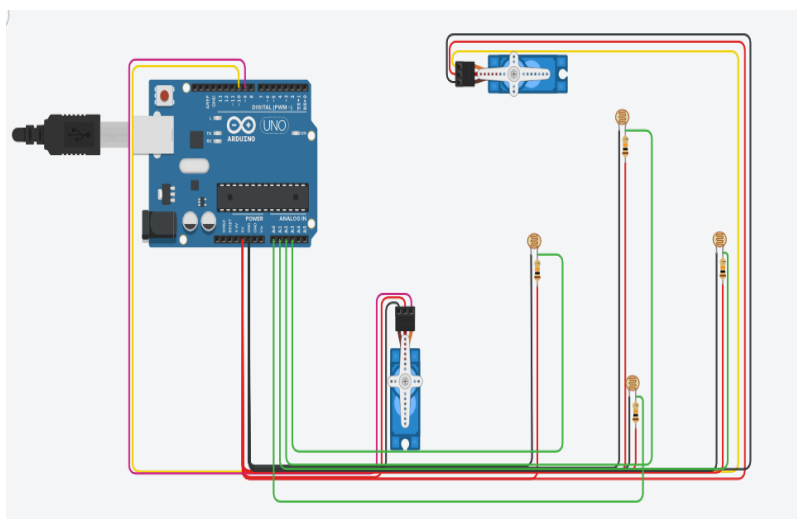
O *TinkerCad* é uma ferramenta online para modelagem de projetos 3D e conta também com um ambiente para construção de circuitos com uma ampla gama de componentes (TINKERCAD, 2021). Inicialmente, os primeiros protótipos foram montados dentro do *site*, imaginando ideias que não chegaram a serem implementadas, mas que possibilitaram chegar no projeto final em tamanho real.

O *TinkerCad* foi usado para testar o circuito. Esta ferramenta permite simular diferentes tipos de circuitos eletrônicos através do computador, economizando tempo e dinheiro já que os circuitos deste *software* são fáceis de montar e não há risco de queimar um componente caso algo não funcione. Este *software* também permite o uso de micro controladores, bem como a geração do arquivo executável.

O benefício de usar Arduino aliado ao *Thinkercad* foi visível. A facilidade e as ferramentas disponíveis para testes foram bastante proveitosos para o projeto. Ferramentas online como o *TinkerCad*, possibilitaram testes antes mesmo de iniciar-se o protótipo real. Com a prototipação inicial elaborada pelo *Tinkercad*, constatou-se a possibilidade e um projeto com custo-benefício adequado ao uso dos módulos para uma persiana automatizada.

A Figura 9 mostra a ideia inicial do protótipo em menor escala, que fez uso da captação por luminosidade para os servos motores se direcionarem de acordo com a luminosidade. A ideia inicial era construir o protótipo com captação de luz via sensores LDR (*Light Dependent Resistor*) que não foi levado para o protótipo final, contudo, contribuiu para estudos iniciais do funcionamento dos servo motores.

Figura 9 – Ideia inicial do protótipo



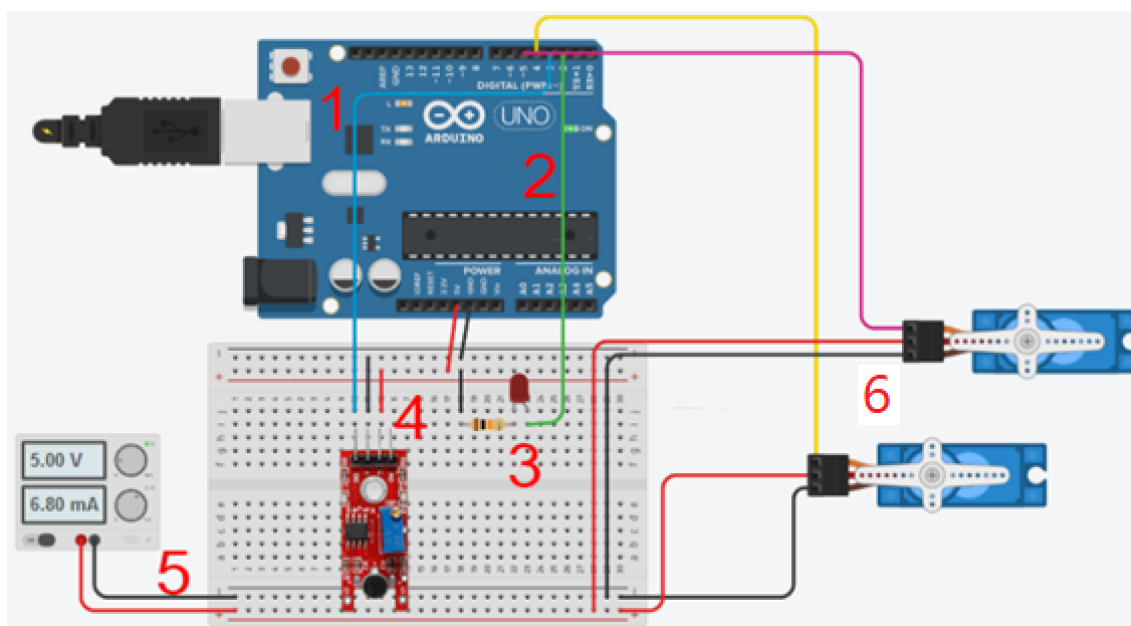
Fonte: Autoria Própria.

Após elaboração do projeto inicial, constatou-se que o funcionamento lógico do protótipo deveria ocorrer de forma mais prática através do acionamento à distância controlada com um sensor de som que realizaria o reconhecimento da ação desejada através do potenciômetro presente no sensor. Através dessa concepção, a placa Arduino foi utilizada como ponte entre a entrada sonora e a saída motora, acionando os mecanismos de movimento (micro servos), assim que uma quantidade programada de som proveniente do sensor fosse identificada.

A saída foi programada para realizar a movimentação do micro servo em 90° quando o som referente à “duas palmas” fossem identificadas. Através de um

temporizador de 2 (dois) segundos (tempo configurável), foi possível um novo monitoramento do efeito sonoro de entrada de forma eficaz. Caso o som de “duas palmas” fosse novamente reconhecido, o dispositivo se movimenta a -90° . O LED utilizado representa visualmente o funcionamento do dispositivo ao abrir-se ou fechar-se. A *protoboard* foi capaz de realizar as interconexões entre saída e entrada do Arduino ligando-se aos cabos jumper. A Figura 10 descreve o diagrama técnico do protótipo.

Figura 10 – Diagrama técnico do protótipo



Fonte: Autoria Própria.

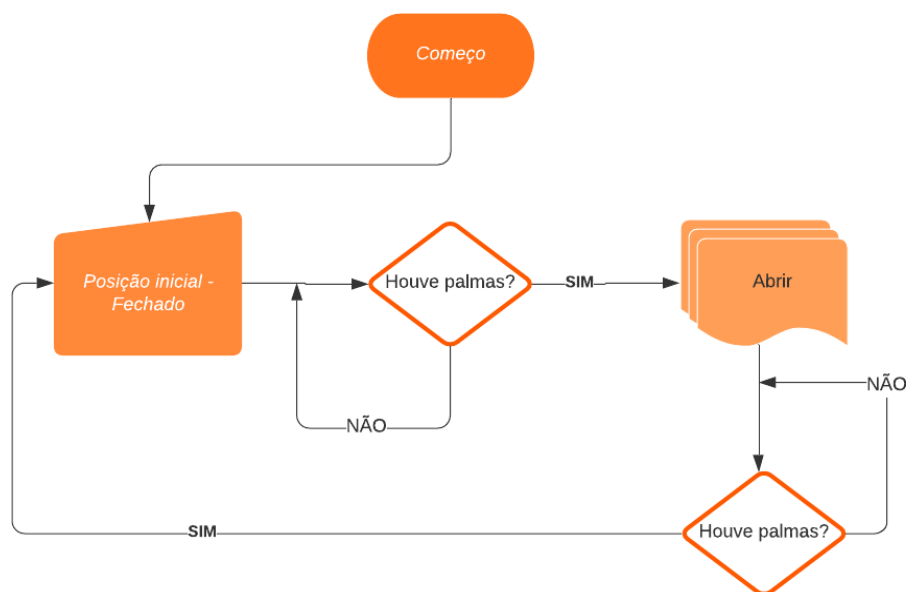
Conforme exposto na Figura 10, a conexão 1 (fio azul) corresponde à entrada digital do sensor de som que capta as ondas sonoras e os reenvia em forma de sinais elétricos. A conexão 2 (fio verde) é a que efetua a saída digital da placa. Quando são identificadas as palmas, o algoritmo realiza um cálculo interno que envia um sinal elétrico para acionar o LED e também faz os servo motores se movimentarem. A conexão 3 (LED – resistor) foi efetuada porque o LED não opera com 5v oriunda da alimentação USB. Então, optou-se por uso de um resistor para acioná-lo sem queimá-lo. A conexão 4 (alimentação do detector sonoro) foi efetuada por cabos jumper ligando o positivo e o negativo da *protoboard* nas respectivas conexões do detector. A conexão 5 é oriunda de uma fonte de energia que alimenta a parte inferior da protoboard com 5v para que os servo motores se movimentem, dado que somente a alimentação USB da placa Arduino não é o suficiente, a fonte de energia está operando em 5V e 6.8 mA, indicando que a

alimentação dos servo motores precisou vir de uma fonte externa. A conexão 6 (fio rosa e amarelo) são as conexões de controle que partem da saída digital 4 e 5 do Arduino, que movimentará os servo motores.

Ainda como exposto na Figura 10, o *TinkerCad* não possui uma representação para um sensor de som KY-038. Esse sensor foi substituído no diagrama por uma imagem do sensor no sistema e no *TinkerCad* foi substituído por um sensor de proximidade HC-SR04 que apresentou os resultados esperados para o protótipo.

O algoritmo para o controle do protótipo foi feito em Arduino IDE e pode ser visualizado em sua íntegra no Anexo 1. A Figura 11 ilustra a metodologia de funcionamento do algoritmo construído em Arduino.

Figura 11 - Metodologia de funcionamento do algoritmo construído em Arduino.



Fonte: Autoria Própria.

Na Figura 11, considera-se como posição inicial da janela vertical condição de estar fechada, pois o sistema foi configurado dessa forma, considerando-se até mesmo problemas eventuais como quedas de energia. Se houve duas palmas uma primeira vez, o sensor de 3 pinos (Figura 6) capta o som e efetua a abertura da persiana. Após isso, o timer é ativado e um contador se inicia aguardando 2 segundos (para que o sistema não se desative caso haja mais de duas palmas). Logo após esse tempo, se houver mais duas palmas, o sistema se fecha.

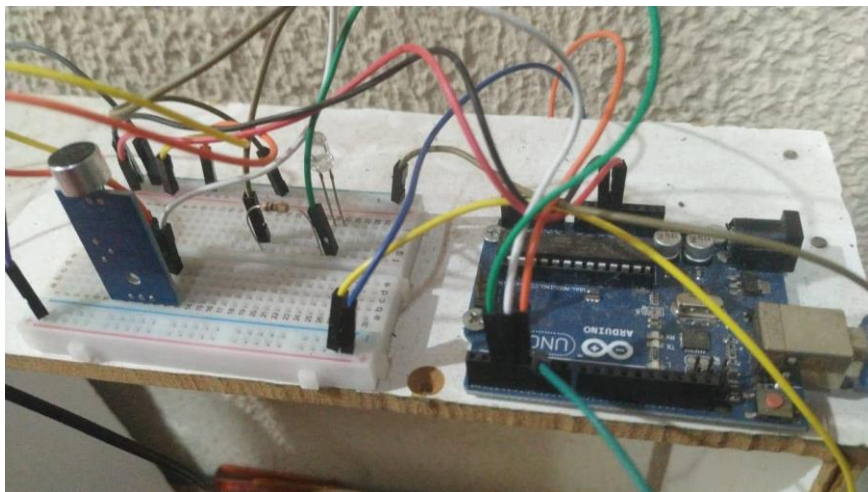
Para a avaliação de funcionamento, o protótipo foi confeccionado com placas de isopor acopladas aos Servo motores, como mostram as Figuras 12 e 13.

Figura 12 - Protótipo em tamanho reduzido



Fonte: Autoria Própria.

Figura 13 - Conexões do protótipo



Fonte: Autoria Própria.

O protótipo em tamanho reduzido serviu para a identificação de algumas dificuldades logo ao início do projeto. Dentre os problemas encontrados, citam-se.

- o sistema ainda estava exposto ao ambiente;

- os servos motores precisaram serem fixados juntos às placas de isopor com fita adesiva prendendo-os diretamente ao protótipo, deixando-o com aspecto visual ruim;
- a tentativa de adaptar os servos motores com fita dupla-face fazia o dispositivo se prender sempre que movimentava. Essa atividade, principalmente foi levada em consideração no projeto final.

Sob os aspectos financeiros, conforme apresentado na Tabela 1, para a construção do protótipo reduzido, observa-se um custo relativamente baixo:

Tabela 1 - Preços dos Componentes Protótipo.

Componente	Quantidade	Valor
Micro Servo <i>Tower Pro</i> SG90	2	R\$ 30,00
Placa Arduino – Uno	1	R\$ 73,50
Sensor de Som KY-038	1	R\$ 13,80
<i>Proto</i> board 400 furos	1	R\$ 15,80
Cabos <i>Jumper</i> macho - macho	40	R\$ 9,50
Resistores 10K Ohm	10	R\$ 0,70
LED 5mm	1	R\$ 0,55
Total	*	R\$ 143,85

Os cabos *jumper* “macho - macho” e dos resistores foram utilizados em menor quantidade do que se apresentou na Tabela 1. Entretanto, foram incluídos na tabela por não ser possível adquiri-los em menor quantidade. Foram utilizados dois micros servos, um para cada persiana de isopor que as movimentavam independentemente. Também pode-se verificar que o custo total do protótipo é acessível para a construção de um modelo comercial, considerando que parte dos componentes pode ser utilizada em uma construção de uma persiana em tamanho real.

Ressalta-se que, do protótipo, optou-se pela atividade de acender uma luz para testes, considerando que na abertura e fechamento o LED seria acionado e o servo motor iniciado. A seguir são dispostos os passos da metodologia conclusiva adotada nesse trabalho.

3.3 PROTÓTIPO EM TAMANHO REAL

Para realização do processo de automação do protótipo em tamanho real, foi feita a construção de uma versão em tamanho comercial de uma persiana vertical. O protótipo foi construído acoplado-se todos os componentes às partes em tamanho convencional, que garantem o reconhecimento de áudio para abertura e para fechamento com a devida movimentação.

Foram utilizados os mesmos componentes que usados no protótipo em tamanho reduzido, adicionando os seguintes acessórios:

- i) Duas correntes de bicicleta;

Figura 14- Correntes de Bicicleta



Fonte: Autoria Própria.

A corrente da bicicleta é responsável por transferir a energia que aplicada no servo motor para as engrenagens que irão mover os compensados. A escolha da corrente ocorreu porque no servo motor *Tower Pro Mg 995* (Figura 17) existe um encaixe em forma de rosca que possibilita a fixação de um parafuso. Foi acoplado ao servo motor com um parafuso auto-atarraxante, uma engrenagem de ferro e fixada em correntes para melhorar o torque e impossibilitar que a corrente se solte, que justifica a escolha de engrenagens dentadas. Para fixação do servo motor na lateral, foram utilizadas duas fitas *Hellerman* de 2,5mm x 100mm.

- ii) Engrenagens (quantidade: 3):

Figura 15 - Engrenagens



Fonte: Autorial Própria.

A função de uma engrenagem é transmitir força ou torque por meio da rotação de um eixo, formando assim um sistema de transmissão de força.

iii) Tábuas de compensados:

Figura 16 - Compensados e esqueleto da Janela



Fonte: Autorial Própria.

O compensado aqui tem a função de substituir as abas das janelas. Foram escolhidas tábuas de compensado por seu menor preço, por sua leveza e principalmente por sua resistência em comparação a tábuas de PVC que apresentam as mesmas características, porém, menor resistência.

iv) Esqueleto da Janela em ferro.

O esqueleto foi construído com hastes de ferro com 5cm de espessura. São 100cm de largura e 120cm de altura onde foram soldadas e pintadas na cor marrom. Como mostram as Figura 15 e 16, o esqueleto foi primeiramente construído e em seguida as tábuas de compensado encaixadas através de um suporte de ferro onde um rolamento efetua o encaixe dos eixos, possibilitando que as engrenagens girem em 90° no sentido vertical em ângulo reto.

v) SERVO MOTOR

O servo motor utilizado neste projeto é o Tower PRO, modelo Mg 995, que possui torque aumentado para suportar até 12Kg.

Figura 17 - Servo Motor Tower Pro Mg 995.



Fonte: ELETROGATE, 2021

A escolha do servo motor Mg 995 foi principalmente pelo alto torque, que facilmente efetuar o movimento de abertura e fechamento das três tábuas de compensado.

Após identificar os elementos utilizados no protótipo, é necessário esclarecer o seu funcionamento. O Equipamento foi acionado via palmas com um sensor de som que executou o reconhecimento a certa distância configurável através do potenciômetro presente no sensor KY-038. A placa Arduino foi a ponte entre a entrada e a saída, realizando a movimentação do servo motor juntamente com as engrenagens assim que identificado uma quantidade programada de som vinda do sensor.

A saída será a movimentação do servo motor instalado nas placas de ferro em um ângulo de 90° quando o som referente a duas palmas é identificado. Após 2 segundos, sendo esse um tempo configurável, caso seja repetido o som referente às duas palmas, o dispositivo se movimentará -90°.

O LED representa o funcionamento do dispositivo ao abrir ou fechar. A *protoboard* implementa as interconexões entre saída e entrada do Arduino ligando-se aos cabos *jumper*.

A seguir será apresentado a tabela de custos de cada componente:

Tabela 2 - Preços dos Componentes Total

Componente	Quantidade	Valor
Micro Servo <i>Tower</i> MG 995	1	R\$ 54,00
Placa Arduino – Uno	1	R\$ 73,50
Sensor de Som KY-038	1	R\$ 13,80
<i>Protoboard</i> 400 furos	1	R\$ 15,80
Cabos <i>Jumper</i> macho x macho	40	R\$ 9,50
Tábuas de MDF 120cm x 25cm x 3mm	3	R\$ 87,00
Resistores 10K Ohm	10	R\$ 0,70
LED 5mm	1	R\$ 0,55
Esquadro de ferro 140cm x 90cm x 12cm	1	R\$ 240,00
Corrente de bicicleta 128cm	1	R\$ 10,00
Corrente de bicicleta 46cm	1	R\$ 4,00
Engrenagem dentada de ferro	4	R\$ 24,90
Total	*	R\$ 533,75

Fonte: Autoria Própria

Destes componentes apresentados na Tabela 2, apenas os citados na Tabela 3 são considerados para o protótipo em tamanho real.

Tabela 3 – Preços dos componentes protótipo em tamanho real

Componente	Quantidade	Valor
Servo Motor MG 995	1	R\$ 54,00
Placa Arduino - Uno	1	R\$ 73,50
Sensor de Som KY-038	1	R\$ 13,80
Protoboard 400 furos	1	R\$ 15,80
Cabos macho x macho	40	R\$ 9,50
Resistores 10K Ohm	10	R\$ 0,70
Led 5mm	1	R\$ 0,55
Total	*	R\$ 167,85

Fonte: Autoria Própria

4 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS

Este projeto baseou-se na intenção de utilizar Arduino como componente principal para automatização de persianas, visando baixo custo de implementação. Como resultado, foram feitas as construções de um protótipo em tamanho reduzido e de uma persiana para janela em tamanho real, ambas para avaliar tal possibilidade.

O protótipo reduzido e a janela em tamanho real apresentados são compostos por um sensor de som de três pinos, para a janela fechada, assim como a janela aberta (Figura 4).

O funcionamento do sensor escolhido correspondeu às expectativas. O protótipo e a persiana em tamanho real desempenharam a função de abrir e fechar assim que “duas palmas” fossem acionadas de acordo com os critérios especificados. Os parâmetros de entrada para este sistema são: sensor de som (indica se está tendo som das palmas ou não); placa Arduino – Uno e para saída foi utilizado o Servo *Tower Pro* SG90 e um LED para testes.

Foram necessários efetuar alguns ajustes no algoritmo, a partir da mudança do protótipo para o projeto em tamanho real. O sensor de som, possui um potenciômetro embutido que aumenta ou diminui a sensibilidade da captação de som e percebeu-se que barulhos internos (conversas ou barulhos altos) acionavam o sistema, causando uma execução indesejada. Isso provoca uma alteração na capacidade de captação das palmas. A solução encontrada, foi diminuir a sensibilidade da captação de som fazendo com que conversas paralelas não interferissem nas palmas das mãos, porém, com a sensibilidade menor, as palmas devem soar com maior intensidade (serem mais altas).

Os servos motores trabalham com sinais digitais (0 e 1), onde "0" é a ausência de energia e "1" é um sinal elétrico. Portanto, é possível configurar a lógica de operação para que as bobinas sejam energizadas em uma ordem que gere os passos no motor e o coloque em movimento acionando as correntes, abrindo e fechando a persiana.

Isso é mostrado no algoritmo na parte em que digitalmente o servo é movido 90°. (ANEXO 1 – Linha 92)

Sobre a *proto*board é importante destacar que ainda continuou sendo usada no protótipo em tamanho real para testes, mas para um modelo comercial uma conexão direta entre os componentes é recomendada, sendo condicionados em uma caixa protetora.

A referência do sensor de som na programação desenvolvida é a de um *delay* de 44Khz (frequência comum de gravação de áudio), já que a intenção do protótipo é sempre

abrir ou fechar a persiana quando as palmas forem acionadas. No algoritmo descrito (ANEXO 1, linha 49) foi criada uma função para que se for detectado uma palma, uma variável auxiliar recebe um valor “verdadeiro”, mas o servo ainda não será ativo. Após um curto prazo de 200 milissegundos se não for detectada uma segunda palma, a variável auxiliar retorna para o valor “falso”, ativando o estágio 1(um) e fazendo com que o contador seja “zerado”, considerando-se o prazo configurado para o sistema não se abrir e fechar-se constantemente com palmas realizadas em grandes pausas. Caso o prazo de 200 milissegundos for obedecido e ocorrer uma segunda palma, uma segunda variável auxiliar recebe o seu valor como “verdadeiro” e ativa o estágio 2 (dois) onde o temporizador de dois segundos se inicia, acionando o servo.

O micro controlador Arduino Uno tem controle sobre todas as ações que ocorrem no sistema. Outras placas de prototipação poderiam ser utilizadas no desenvolvimento do projeto, um exemplo é o Raspberry Pi.

O Raspberry Pi possui recursos de *hardware* e computacionais mais sofisticados que do Arduino Uno, contudo, com maior preço. Para tarefas repetitivas, o Arduino se torna a melhor opção, já que o Raspberry Pi pode realizar múltiplas tarefas e fazer cálculos intensos de maior complexidade, o que relacionando com o uso do Arduino Uno para a montagem de uma persiana automatizada, seria uso superestimado (PATNAIKUNI, 2017). A Figura 18 apresenta o Raspberry Pi.

Figura 18 - Raspberry Pi



Fonte: Amazon, 2021.

4.1 DIFICULDADES ENCONTRADAS

Algumas dificuldades tiveram que ser resolvidas para a viabilização do protótipo final. Inicialmente, devido à pandemia causada pela COVID-19 (PAHO, 2021), vários comerciantes tiveram seus locais fechados por *lockdown* o que causou um certo atraso na construção do protótipo e testes.

Outra dificuldade encontrada se refere às soldas dos esquadros de ferro para fixar as tábuas de MDF (*Medium Density Fiberboard*). Tais soldas foram efetuadas de maneira não profissional, porque como já citado, os comércios estavam operando apenas com o contingente necessário e, portanto, não foram encontrados insumos suficientes para elaboração de uma conexão mais elaborada.

5 CONCLUSÃO

A automação residencial foi o objetivo deste projeto, especificamente, o desenvolvimento de uma persiana automatizada com movimentação realizada através da captação do som das palmas das mãos.

Para a implementação do trabalho, foi utilizado como elemento principal um micro controlador Arduino Uno, responsável pela interpretação e aplicação das informações coletadas pelo sistema. Para o movimento do servo motor, em particular, foi utilizado uma *protoboard*, responsável pela conexão do micro controlador. Como evidenciado anteriormente, a *protoboard* deverá ser eliminada em um modelo comercial da persiana automatizada.

O sistema se mostrou relevante e intuitivo ao automatizar a persiana, portanto só funcionará quando as palmas forem acionadas, pois a janela não pode abrir sem estes sistemas.

Foram encontradas dificuldades durante o processo de criação da persiana, muitas delas, identificadas logo ao início do projeto. Entretanto, o protótipo em tamanho reduzido foi fundamental para que o conjunto final de problemas fossem mitigados.

A avaliação final do protótipo em tamanho real, permite elucidar que sua utilização no mercado é uma potencial evidência de escolha para possíveis automações residenciais em um curto período de tempo.

Deve-se notar que para a implementação em janelas reais, o motor de passo utilizado apresenta um desempenho superior, porém com custo final um pouco superior ao proposto, mas nada que inviabilize sua produção. Em termos gerais, todos os itens propostos, foram atendidos, sendo assim sugere-se seu uso, principalmente em razão do fator custo-benefício.

Como sugestão para trabalhos futuros, é possível inserir outros sensores, tais como:

- sensor de intensidade de luz, podendo fechar persianas ou cortinas de acordo com a luminosidade;
- anemômetro (sensor de vento), podendo evitar possíveis danos causados pelo vento;
- sensor de movimento, para que a janela se feche caso uma pessoa ou outro “elemento” móvel se aproxime.

Uma outra sugestão seria deixar toda a residência automatizada, utilizando o mesmo princípio desse projeto e ter um único posto de comando onde fosse possível ver a situação de cada componente automatizado. Este centro também pode fornecer suporte *on-line*, onde o usuário teria o controle da automação implantada através de dispositivos móveis conectados à internet.

REFERÊNCIAS

ELETROGATE . Disponível em: <https://www.eletrogate.com/>. Acesso em: 24 Maio 2021.

MARQUES, J. L. *et al.* (2017). **Proposta de uma bancada de baixo custo para o ensino de automação industrial de acordo com as normas de segurança**. Revista de Ensino de Engenharia, v.36, n. 2, p. 47-62.

PATNAIKUNI, Dinkar. *A Comparative Study of Arduino, Raspberry Pi and ESP8266 as IoT Development Board*. *International Journal of Advanced Research in Computer Science, Volume 8, No. 5, May-June 2017*. Disponível em: <http://www.ijarcs.info/index.php/Ijarcs/article/view/3959>. Acesso em: 15 maio 2021.

PAULUS, G. B. *et al.* (2017). **Sistema de Automação Residencial: Acessibilidade no controle**. XXV Seminário de Iniciação Científica: Salão do Conhecimento. Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. 13 p.

REIS, C. A. dos. *et al.* **Aplicação da biblioteca OpenGL em um jogo desenvolvido no C# com integração do Arduino Uno e Ionic Framework**. Revista Eletrônica de Iniciação Científica em Computação, v.18, n.2, 2020.

ROGGIA, L; FUENTES, R. C. (2016). **Automação Industrial**. Leandro Roggia, Rodrigo Cardozo Fuentes. – Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, Colégio Técnico Industrial de Santa Maria, Rede e-Tec Brasil. 102 p.

Science Direct. (2021). Disponível em: www.sciencedirect.com/search?q=arduino. Acesso em: 15 maio 2021.

SIGAKI, L. H. *et al.* (2017). **Automação residencial controlada via rede de internet e integrado com dispositivos móveis**. Faculdade Cidade Verde. Maringá – PR. 16 p.

SILVA, A. L. E. et al. (2018). **Proposta de automação industrial em uma empresa fabricante de borrachas escolares**. Revista GEINTEC, vol. 8, n. 1, ISSN: 2237-0722. Aracaju/SE.

APÊNDICE A

Nessa sessão é apresentado o código em linguagem própria para o controlador Arduino Uno utilizado para o funcionamento do protótipo final.

```
1  #include <Servo.h>
2  #define led 2
3  #define micro 3
4  #define SERVO1 4
5  #define SERVO2 5
6
7  Servo s1;
8  Servo s2;
9  int pos;
10
11 bool valor = false;
12
13 bool estagio1 = false;
14 bool estagio2 = false;
15 bool estagio3 = false;
16
17 int a;
18 int b;
19
20
21 void setup()
22 {
23   pinMode(led, OUTPUT);
24   pinMode(micro, INPUT);
25
26   digitalWrite(led, LOW);
27
28   s1.attach(SERVO1);
29   Serial.begin(9600);
30   s1.write(0);
31 }
32
33 void loop()
34 {
35   valor = digitalRead(micro); //lê o pino digital
36   // teste do primeiro bater de palmas
37   if(valor == true && estagio1 == false)
38   { // se o pino está em alta
39     estagio1 = true; //ativa o estágio 1
40     a = 0; //temporizador zera
41   }
42
43   //se o pino estava em alta baixou
```

```
44     if(valor == false && estagiol == true &&
estagio2==false)
45     { //ativa a segunda variável
46         estagio2=true;
47         a = 0;
48     }
49     if(estagiol == true && estagio2 == false)
50     { //enquanto o sistema está em alta, a variável "a" é
incrementada
51         //se não for identificada a segunda palma, o sistema
reinicia
52         delay(1);
53         a++;
54         if(a>200)
55         {
56             estagiol=false; // o programa reinicia
57         }
58     }
59     if(estagio2 == true)
60     {
61         //novamente incrementa a variável "a", se continuar
em nível baixo por 200 ms
62         //o programa retorna ao início
63         if(estagio3 == false)
64         {
65             delay(1);
66             a++;
67             if(a>700)
68             {
69                 estagiol=false;
70                 estagio2=false;
71             }
72         }
73
74         //se a variável "a" chegar em 70ms, o programa
verificará
75         //a segunda onda, este tempo serve para não captar
vibrações
76         //adicionais e acionar o sistema com uma palma
77     }
78     if(a>70)
79     {
80         if(valor==true && estagio2 == true && estagio3 ==
false)
81         {
82             estagio3 = true;
83             estagio3=true;
84             b=0;
85         }
86         if(valor==false && estagio3 == true)
87         {
```

```
88         digitalWrite(led, !digitalRead(led)); //Inverte
o sinal do LED
89         bool Testa = digitalRead(led);
90         if(Testa == true)
91         {
92             for(pos = 0; pos < 90; pos++)
93             {
94                 s1.write(pos);
95                 delay(15);
96             }
97         }
98
99         if(Testa == false)
100        {
101            for(pos = 90; pos >= 90; pos--)
102            {
103                s1.write(pos);
104                delay(15);
105            }
106        }
107        estagio1=false; //Volta o programa voltar pra
etapa 0
108        estagio2=false;
109        estagio3=false;
110        delay(1000); //Cria um delay até a próxima
amostragem para não misturar os dados
111    }
112
113    if(estagio3==true)
114    {
115        // Esta parte adiciona + 1 a variavel 'b' enquanto
a onda (segunda) esta em nivel alto; se a onda continuar em
nivel alto por 200ms, o programa volta pro inicio
116        delay(1);
117        b++;
118        if(b>200)
119        {
120            estagio1=false; // Se sim, manda o programa
voltar pra etapa 0
121            estagio2=false;
122            estagio3=false;
123        }
124    }
125 }
126 delayMicroseconds(1/44100*1000000);
127 }
```

RESOLUÇÃO n° 038/2020 – CEPE

ANEXO I

APÊNDICE ao TCC

Termo de autorização de publicação de produção acadêmica

O(A) estudante Paulo João de Sousa Neto
do Curso de Licenciatura em Computação, matrícula 2015 2 0028 00452,
telefone: 62-98276-1742 e-mail paulojoao.sousa26@gmail.com, na qualidade de titular dos
direitos autorais, em consonância com a Lei n° 9.610/98 (Lei dos Direitos do autor),
autoriza a Pontifícia Universidade Católica de Goiás (PUC Goiás) a disponibilizar o
Trabalho de Conclusão de Curso intitulado
Automação Residencial Utilizando Arduino,
gratuitamente, sem ressarcimento dos direitos autorais, por 5
(cinco) anos, conforme permissões do documento, em meio eletrônico, na rede mundial
de computadores, no formato especificado (Texto (PDF); Imagem (GIF ou JPEG); Som
(WAVE, MPEG, AIFF, SND); Vídeo (MPEG, MWV, AVI, QT); outros, específicos da
área; para fins de leitura e/ou impressão pela internet, a título de divulgação da
produção científica gerada nos cursos de graduação da PUC Goiás.

Goiânia, 08 de junho de 2021.

Assinatura do(s) autor(es): Paulo João de Sousa Neto

Nome completo do autor: Paulo João de Sousa Neto

Assinatura do professor-orientador: Anibal Santos Jukemura

Nome completo do professor-orientador: ANIBAL SANTOS JUKEMURA