

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE ENGENHARIA ELÉTRICA
ENGENHARIA BIOMÉDICA

ALESSANDRA BAUAB AZAR

PROTÓTIPO DE DISPOSITIVO DE CONTROLE DE
AMBIENTE POR COMANDO OCULAR

Uberlândia
2017

ALESSANDRA BAUAB AZAR

**PROTÓTIPO DE DISPOSITIVO DE CONTROLE DE
AMBIENTE POR COMANDO OCULAR**

Monografia apresentada à Faculdade de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Uberlândia como requisito para obtenção do título de graduação de Engenharia Biomédica, sob orientação do professor Dr. Eduardo Lázaro Martins Naves.

Orientador: Dr. Eduardo Lázaro Martins Naves

Assinatura orientador

Uberlândia
2017

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, à Faculdade de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Uberlândia por ter me passado todos os conhecimentos durante estes cinco anos para que eu pudesse me graduar como Engenheira Biomédica. Agraço ao meu orientador Eduardo pelo suporte e orientação ao longo do desenvolvimento deste projeto. Assim como seus alunos de pós graduação que me ajudaram com alguns problemas durante a execução do projeto e, principalmente ao aluno de pós graduação Felipe Roque Martins que me ajudou muito no desenvolvimento deste protótipo, ao Pablo e à minha amiga Andressa Rastrello que, também, me ajudou com este trabalho de conclusão de curso.

Não posso deixar de agradecer ao apoio de minha família e de meu namorado, João, que me proporcionou suporte emocional e ajuda ao longo de minha graduação e o apoio de meus amigos que estiveram sempre comigo durante estes cinco anos e durante o desenvolvimento deste trabalho de conclusão de curso.

“Para as pessoas sem deficiência a tecnologia torna as coisas mais fáceis. Para as pessoas com deficiência, a tecnologia torna as coisas possíveis”. (Radabaugh, 1993)

Resumo

No âmbito de Tecnologia Assistiva, o presente trabalho visa o desenvolvimento de um protótipo de dispositivo de controle de ambiente por comando ocular. Buscando uma forma de autonomia e praticidade à pessoas portadoras de deficiência, para que assim este protótipo de dispositivo possa ser uma maneira fácil de acionar dispositivos de uma residência, como uma televisão, uma lâmpada e, também, o acionamento de um sinal sonoro para que o cuidador da pessoa com limitação possa socorrê-lo. Desta forma, este trabalho de conclusão de curso é inserido na área de automação e na área de Tecnologia Assistiva.

Este trabalho utilizará um sistema de infravermelho para que possa acionar os dispositivos remotamente e um sensor de rastreamento ocular, para que o usuário (pessoa portadora de alguma deficiência) possa controlar os comandos dos equipamentos com o direcionamento do olhar na tela de interface.

Abstract

In the field of assistive technology, the present work aims at the development of a prototype of environment control device by ocular command. Providing an autonomy and practicality for people with disabilities, so this prototype device can be an easy way to activate some devices of a residence, such as a television, a lamp and also the activation of a sound making the caregiver of the person with limitation a way of helping him. In this way, this work is inserted in the area of automation and in the area of assistive technology.

This work will use an infrared system so that it can remotely activate the devices and an eye tracking sensor, so that the user (person with some deficiency) can control the commands of the equipment with the direction of the look in the interface screen.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Sensor EyeTracker.....	p 11
Figura 2. Receptor infravermelho.....	p 12
Figura 3. Exemplo de controle de Smart Home.....	p 25
Figura 4. Espectro eletromagnético dos tipos de ondas.....	p 27
Figura 5. Funcionamento do sensor do tipo EyeTracking remoto da marca Tobii.....	p 29
Figura 6. Funcionamento do sensor do tipo EyeTracking em óculos da marca Tobii.....	p 30
Figura 7. Diagrama de blocos da metodologia do projeto.....	p 31
Figura 8. Diagrama de blocos do funcionamento do projeto.....	p 32
Figura 9. Receptor IR.....	p 33
Figura 10. Esquema de ligação do receptor IR desenvolvido no Fritzing.....	p 33
Figura 11. Esquema do circuito emissor de IR desenvolvido no programa Fritzing.....	p 34
Figura 12. Primeira janela de calibração do sensor.....	p 36
Figura 13. Divisão de tela da interface.....	p 37
Figura 14. Monitor serial com os códigos em hexadecimal da televisão.....	p 39
Figura 15. Monitor serial com código em hexadecimal da lâmpada.....	p 41
Figura 16. Segunda janela da calibração do sensor.....	p 44
Figura 17. Primeira janela de calibração do sensor.....	p 44
Figura 18. Interface de controle dos equipamentos.....	p 45

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

TA – Tecnologia Assistiva

ONU - Organização das Nações Unidas

CAT – Comitê de Ajudas Técnicas

ADA - *American with Disabilities*

CAA - Comunicação Aumentativa e/ou Alternativa

EMG - Eletromiografia

EEG - Eletroencefalografia

BCI - *Brain Computer Interface*

IR - Infravermelho

Vcc - Tensão de alimentação

Vout - Saída

GND - *Ground* (terra)

SUMARIO

1. Introdução.....	p 11
1.1. Objetivo Geral.....	p 11
1.2. Objetivo específico.....	p 12
2. Revisão bibliográfica.....	p 13
2.1. Definição de Tecnologia Assistiva.....	p 13
2.2. Classificação de Tecnologia Assistiva.....	p 15
2.2.1. Auxílios para a vida diária e a vida prática.....	p 15
2.2.2. CAA - Comunicação Aumentativa e/ou Alternativa.....	p 16
2.2.3. Recursos de acessibilidade ao computador.....	p 16
2.2.4. Sistemas de controle de ambiente.....	p 17
2.2.5. Projetos arquitetônicos para acessibilidade.....	p 17
2.2.6. Órteses e Próteses.....	p 18
2.2.7. Adequação Postural.....	p 19
2.2.8. Auxílios de mobilidade.....	p 20
2.2.9. Auxílios para qualificação da habilidade visual e recursos que ampliam a informação a pessoas com baixa visão ou cegas.....	p 20
2.2.10. Auxílios para ampliação da habilidade auditiva e para autonomia na comunicação de pessoas com déficit auditivo, surdez e surdocegueira.....	p 21
2.2.11. Adaptações em veículos e em ambientes de acesso ao veículo.....	p 21
2.2.12. Esporte e Lazer.....	p 22
2.3. Legislação brasileira referente à Tecnologia Assistiva.....	p 22
2.4. Automação residencial de acessibilidade.....	p 24
2.5. Sistema de Infravermelho.....	p 26
2.6. Sensor ocular, EyeTracker.....	p 28
3. Metodologia.....	p 31
3.1. Materiais.....	p 32
3.2. Primeira Etapa - Sinal IR.....	p 32
3.2.1. Aquisição do sinal IR.....	p 32
3.2.2. Emissão sinal IR.....	p 34
3.3. Segunda etapa - Interface e sensor do tipo EyeTracking.....	p 35
3.3.1. Calibração do sensor do tipo EyeTracking.....	p 35
3.3.2. Interface de controle dos equipamentos.....	p 36
3.4. Testes e aperfeiçoamento do projeto.....	p 38
4. Resultados e Discussão.....	p 39
4.1. Resultado da primeira etapa - Controle via Arduino.....	p 39
4.1.1. Aquisição do sinal IR.....	p 39
4.1.2. Transmissão do sinal IR.....	p 42
4.2. Resultado segunda etapa - Plataforma Visual Studio.....	p 43
4.2.1. Interface de calibração do sensor EyeTracker.....	p 43
4.2.2. Interface de controle dos equipamentos.....	p 45
4.3. Problemas encontrados.....	p 46
5. Conclusão.....	p 48

6. Referências Bibliográficas.....	p 49
Anexo I.....	p 51
Anexo II.....	p 52

1. Introdução

Segundo estimativas da Organização das Nações Unidas (ONU), existem cerca de 610 milhões de pessoas portadoras de alguma limitação física. Já no Brasil, segundo o censo IBGE 2010, 3.9% da população brasileira é portadora de algum tipo de deficiência. Destes, 7% (aproximadamente 3.1 milhões) são portadores de deficiência motora (IBGE, 2010).

A partir destas estatísticas fica clara a necessidade por tecnologias que asseguram melhores qualidades de vida para os portadores de deficiência motora no Brasil. São as chamadas Tecnologias Assistivas (TA).

Deficientes tetraplégicos, paralisia cerebral, esclerose lateral amiotrófica, distrofia muscular ou traumatismo craniano, são alguns exemplos de deficiências dos quais possuem limitações motoras a partir do pescoço, ou seja, são incapazes de mover membros abaixo do pescoço. Então tecnologias desenvolvidas a partir de sensores oculares ou a partir de eletromiografia captada por músculos da face ou a partir de algum outro método para controle podem ser extremamente úteis para a qualidade de vida destes deficientes.

Tendo em vista a necessidade de tecnologias de acessibilidade para deficientes físicos no Brasil, este trabalho de conclusão de curso tem como objetivo desenvolver uma tecnologia para melhoria da qualidade de vida destes deficientes. Proporcionando facilidade e autonomia no momento de execução de tarefas consideradas fáceis por pessoas que não possuem nenhuma deficiência. Tarefas como ligar, desligar, mudar o canal da televisão e alterar o volume de uma televisão de sua casa, acender e apagar uma lâmpada, por exemplo, da sala de estar e acionar um sinal sonoro de emergência caso o deficiente precise de alguma ajuda do seu cuidador e o mesmo encontra-se em outro cômodo da casa. Este tipo de tecnologia é chamado de Tecnologia Assistiva (TA).

1.1. Objetivo Geral

O presente trabalho de conclusão de curso visa o desenvolvimento de um sistema de controle de ambiente utilizando um sensor ocular do tipo *EyeTracking*.

Neste sistema o usuário poderá acionar os comandos referentes ao um controle remoto de uma televisão situado em um determinado cômodo da residência assim como acionar uma lâmpada deste cômodo e, também, um sinal sonoro de emergência. Ou seja, haverá uma tela de interface com os comandos para o acionamento da televisão, da lâmpada e do sinal sonoro de emergência e o usuário direcionará o olhar para o comando desejado. O sensor do tipo *EyeTracking* funciona pelo rastreamento do olhar do usuário.

1.2. Objetivo Específico

O objetivo deste trabalho é a criação de um software para o controle destes equipamentos que estará em um computador que será acoplado na cadeira de rodas do deficiente e, assim, onde quer que ele esteja em sua casa ele poderá realizar as tarefas no cômodo em questão. Ou seja, se ele estiver na sala de estar irá acionar os componentes referentes à sala de estar, se estiver na cozinha acionará os componentes referentes à cozinha e assim por diante. O sinal sonoro de emergência tem por finalidade alertar o cuidador caso algo aconteça com o deficiente ou se o deficiente precisar de alguma ajuda e o seu cuidador estiver em outro local da casa, no quarto ou no banheiro, por exemplo, o deficiente pode acionar o sinal sonoro e o som será ouvido pelo cuidador e, então, ele poderá socorrer seu paciente.

O acionamento dos comandos de cada componente abordado por esse projeto será feito com o sensor do tipo *EyeTracking*. Este sensor baseia-se no rastreamento do olhar do usuário. A Figura 1 representa o sensor do tipo *EyeTracking*.



Figura 1. Sensor *EyeTracker*.
Fonte: Eye Tracking, 2017

Uma vez acionado o comando desejado com o rastreamento do olhar, será enviado um sinal infravermelho para acionar o aparelho. Esta transmissão de luz infravermelho será feita com um LED infravermelho. Porém, antes da transmissão é preciso decodificar os comandos do controle remoto a partir de um componente receptor de infravermelho. A Figura 2 abaixo mostra o receptor de infravermelho utilizado neste projeto.



Figura 2. Receptor infravermelho.
Fonte: Datasheet LL-M2638

O software para a criação da interface será desenvolvido na plataforma Visual Studio em linguagem C#. O software terá uma comunicação com o sensor do tipo *EyeTracking* por um lado e outra comunicação com o LED infravermelho por outro. E será uma interface gráfica para possibilitar a visualização dos comandos disponíveis ao usuário.

2. Revisão Bibliográfica

2.1. Definição de Tecnologia Assistiva

Tecnologia Assistiva é todo e qualquer equipamento ou tecnologia que visa o melhoramento da vida de um deficiente físico que pode, também, proporcionar autonomia ao mesmo. O termo foi criado em 1988 na legislação norte-americana. Pode ser definida, também, como

"Uma ampla gama de equipamentos, serviços, estratégias e práticas concebidas e aplicadas para minorar os problemas encontrados pelos indivíduos com deficiências" (Cook e Husse, 1995).

A TA promove a ampliação de uma habilidade funcional deficitária ou possibilita a realização de uma função desejada que encontra-se impossibilitada por alguma deficiência motora. A TA possibilita ao deficiente uma autonomia, independência, melhor qualidade de vida, inclusão social e praticidade através de tecnologias, estratégias, comunicação, controle de seu ambiente, entre outros.

Em 16 de novembro de 2006 foi instituído, pela Portaria nº 142, o Comitê de Ajudas Técnicas (CAT). Tal Comitê tem por finalidade regulamentar e propor a criação de políticas públicas relacionados com o desenvolvimento e uso de TA. O CAT desenvolve um conjunto de ações de curto, médio e longo prazos, com o sentido de cumprir as atribuições definidas no Plano de Trabalho, sendo criadas quatro Comissões Temáticas encarregadas de: estabelecer e sedimentar os conceitos e terminologias a serem utilizados nessa área de conhecimento; tratar de temas relativos ao uso de Tecnologia Assistiva na área de educação; tratar da área de pesquisa, desenvolvimento e inovação; e tratar das questões relativas à aquisição e uso dos recursos de TA (Portal da Saúde, 2014).

Em 14 de dezembro de 2007, o CAT aprovou um conceito que pudesse subsidiar as políticas públicas brasileiras. Este conceito afirma:

"Tecnologia Assistiva é uma área do conhecimento, de característica interdisciplinar, que engloba produtos, recursos, metodologias, estratégias, práticas e serviços que objetivam promover a funcionalidade, relacionada à atividade e participação, de pessoas com deficiência, incapacidades ou mobilidade reduzida, visando sua autonomia, independência, qualidade de vida e inclusão social". (Corde, ATA VII)

Já documentos de legislação dos Estados Unidos define TA como

"Recursos são todo e qualquer item, equipamento ou parte dele, produto ou sistema fabricado em série ou sob-medida utilizado para aumentar, manter ou melhorar as capacidades funcionais das pessoas com deficiência. Serviços são definidos como aqueles que auxiliam diretamente uma pessoa com deficiência a selecionar, comprar ou usar os recursos acima definidos". (ADA, 1994.).

ADA é o órgão norte americano que regula os direitos de pessoas com deficiência. E, neste conceito proposto pela ADA, são classificados como recursos computadores, softwares e hardware especiais, roupas adaptadas, dispositivos para adequação de postura, equipamentos de comunicação alternativa, auxílios visuais, entre outros.

A TA é uma área de pesquisa e desenvolvimento que engloba diversas áreas de trabalho, tais como, medicina, fisioterapia, terapia ocupacional, fonoaudiologia, psicologia, enfermagem, arquitetura, design, educação e engenharia. É uma área de estudo multidisciplinar para poder proporcionar melhoria de vida às pessoas portadoras de alguma deficiência. A TA não trata apenas de deficientes físicos mas, também, de deficientes visuais e deficientes auditivos.

Pode-se introduzir o conceito de TA com a seguinte citação:

"Para as pessoas sem deficiência a tecnologia torna as coisas mais fáceis. Para pessoas com deficiência, a tecnologia torna as coisas possíveis" (Radabaugh, 1993).

Ou seja, a Tecnologia Assistiva, também, entendida pelos termos “Ajudas Técnicas”, “Tecnologia de Apoio”, “Tecnologia Adaptativa” e “Adaptações”, é um meio de melhorar facilitar e tornar possível a vida cotidiana de uma pessoa portadora de alguma deficiência, seja deficiência motora, visual ou auditiva. TA proporciona autonomia e inclusão social à estas pessoas.

2.2. Classificação de Tecnologia Assistiva

A classificação em categoria dos recursos e serviços de TA tem por objetivo organizar a utilização, os estudos e pesquisas e oferecer focos específicos para o mercado de trabalho e especializações de TA.

A classificação dos recursos e serviços de TA que abordaremos neste trabalho foi escrita em 1998 por José Tonolli e Rita Bernsch e teve sua última atualização em 2017. Esta classificação foi utilizada pelo Ministério de Estado da Fazenda, da Ciência, Tecnologia e Inovação e da Secretaria de Direitos Humanos da Presidência da República na Portaria Interministerial nº 362, de 24 de outubro de 2012. Esta portaria trata sobre o limite de renda mensal dos tomadores de recursos nas operações de créditos para aquisição de bens e serviços de TA destinados a pessoas com deficiência e utiliza da classificação em categoria dos recursos e serviços de TA de José Tonolli e Rita Bersch. A classificação em questão segue abaixo seguido dos itens que fazem parte de cada categoria baseado na Portaria Interministerial nº 362, de 24 de outubro de 2012.

2.2.1. Auxílios para a vida diária e a vida prática

Inclui em matérias e produtos que auxiliam a vida doméstica de um deficiente favorecendo desempenho autônomo em tarefas rotineiras tais como, cozinhar, vestir-se, alimentar-se, tomar banho, executar necessidades pessoais e apoio a ações de escola. Fazem parte desta categoria:

- Talheres modificados, acessórios para talheres, adaptação para talheres;
- Suporte para utensílios domésticos;
- Abridores de potes e/ou de latas;

- Copo ou caneca adaptado;
- Pratos adaptados ou adaptadores de pratos;
- Escovas de banho adaptados;
- Cadeira higiênica;
- Assentos para sanitários;
- Redutor de assento para sanitário;
- Escova de dente elétrica;
- Adaptação para Escova Dental;
- Adaptação geral de membro superior;
- Suporte para cortador de unha;
- Adaptações de recursos para banho;
- Adaptações de Tecnologia Simples.

2.2.2. CAA - Comunicação Aumentativa e/ou Alternativa

Inclui dispositivos destinados a aumentar a habilidade de comunicação de pessoas portadoras de alguma deficiência. Fazem parte desta categoria:

- Software de CAA;
- Software de CAA com opção de criar um vocalizador;
- Software Editor de textos com símbolos;
- Suporte para símbolos de comunicação;
- Colete de comunicação;
- Pasta porta-pranchas;
- Porta símbolos tipo fichário;
- Expositor de símbolos em bolsos transparentes;
- Vocalizadores.

2.2.3. Recursos de acessibilidade ao computador

Conjunto de hardware e software idealizado para tornar o computador acessível à portadores de deficiência visual, auditiva, intelectual e motora. Composto com dispositivo de entrada e dispositivo de saída. Fazem parte desta categoria:

- Auxiliares para digitação;

- Teclado alternativo e programável;
- Teclado especial com possibilidade de reversão de função mouse/teclado;
- Lâminas de adequação de teclado;
- Software de teclado virtual com dispositivo de varredura;
- Mouse Estacionário de Esfera superior;
- Mouse por toque;
- Mouse expandido com funções separadas;
- Mouse composto por teclas individuais de função;
- Mouse controlado por movimento de lábios;
- Mouse adaptado com plugues de entrada para acionadores;
- Interface dedicada para conectar acionadores;

2.2.4. Sistemas de controle de ambiente

Pessoas com limitações motoras podem ligar, desligar e ajustar aparelhos eletroeletrônicos como, televisores, luz, som, ventiladores, receber e fazer chamadas telefônicas, abrir e fechar janelas e portas, acionar sistemas de segurança, a partir de controle remoto. Fazem parte desta categoria:

- Sistema de alarme com sensores;
- Sistema de automação domiciliar;
- Sistema de chave eletrônico;
- Sistema de controle de aparelhos domésticos.

2.2.5. Projetos arquitetônicos para acessibilidade

Consiste em projetos de edificações e urbanismo que garantem acesso, funcionalidade e mobilidade para qualquer pessoa independentemente de sua condição física, intelectual e sensorial. Fazem parte desta categoria:

- Elevador adaptado para domicílios;
- Banco articulado de banheiro;
- Banqueta articulada com apoio de braços para banho;
- Apoio de parede com assento para banheiro;
- Barras de apoio;

- Identificação de orientações (placas) para acessibilidade;
- Sinalização tátil;
- Piso tátil.

2.2.6. Órteses e Próteses

Órteses são dispositivos ou aparelhos colocados junto ao corpo que auxiliam em uma função motora, não substituindo-a, garantindo um melhor posicionamento, estabilização e/ou função. Próteses são dispositivos ou aparelhos ou peças artificiais que substituem a função de uma parte do corpo perdida. Fazem parte desta categoria:

- Prótese ocular;
- Prótese mioelétrica para cotos longos e desarticulação de punho;
- Prótese mioelétrica para amputação transradial adulto ou infantil com encaixe tipo gancho eletrônico;
- Prótese mioelétrica para amputação transradial adulto ou infantil;
- Prótese mioelétrica para amputação transumeral adulto ou infantil com cotovelo ativo (mioelétrico/eletrônico);
- Prótese endoesquelética transtibial tipo ptb-pts-kbm em alumínio para banho;
- Sandália baruk com alívio de apoio no antepé ou retropé;
- Bota imobilizadora;
- Prótese funcional exoesquelética para desarticulação de cotovelo (punho universo);
- Prótese funcional exoesquelética para desarticulação de cotovelo (punho de rosca);
- Prótese funcional endoesquelética p/ amputação transumeral;
- Prótese exoesquelética passiva para desarticulação do punho ou amputação transradial;
- Prótese endoesquelética transfemural em alumínio para banho;
- Prótese tipo palmilha para amputação ao nível do ante pé;
- Prótese exoesquelética transtibial tipo ptb-pts-kbm;
- Prótese exoesquelética transtibial c/ coxal ou manguito de coxa;
- Prótese endoesquelética transtibial tipo ptb-pts-kbm em alumínio ou aço;

- Prótese endoesquelética transfemural em alumínio ou aço;
- Prótese endoesquelética p/ desarticulação de joelho em alumínio ou aço;
- Extensor para cotovelo;
- Órtese estática para estabilização do ombro / suporte para ombro;
- Órtese de apoio / estabilização para o punho - adulto e infantil;
- Órtese estática ou progressiva para os dedos e polegar;
- Órtese abdutor de polegar estático ou dinâmico;
- Órtese de posicionamento funcional do punho e da mão;
- Órtese articulada para o cotovelo;

2.2.7. Adequação Postural

Consiste em projeto de recursos que garantem posturas alinhadas, estáveis, confortáveis e com boa distribuição de peso corporal os mesmos auxiliam na prevenção de deformidades corporais. Fazem parte desta categoria:

- Mobiliário Adaptado em PVC;
- Cadeira de canto;
- Adaptação de Cadeira;
- Mesa de Atividades;
- Sistema de posicionamento de encosto e assento digitalizado;
- Almofada de assento para prevenção de úlceras de pressão em células de ar;
- Almofada de assento para cadeira de rodas para prevenção de úlceras de pressão simples;
- Faixa de panturrilha para cadeira de rodas;
- Faixa torácica para cadeira de rodas;
- Cinto para cadeira de rodas para posicionamento do quadril;
- Cinto para cadeira de rodas para posicionamento de tronco;
- Adaptação abdutor tipo cavalo para cadeira de rodas;
- Adaptação do apoio de braços da Cadeira de Rodas;
- Adaptação do apoio de pés da cadeira de rodas;
- Mesa de atividades para cadeira de rodas (Tábua Mesa);

2.2.8. Auxílios de mobilidade

Esta categoria consiste em equipamentos ou estratégias utilizadas na melhoria e autonomia da mobilidade pessoal. Fazem parte desta categoria:

- Cadeira de rodas de auto-propulsão;
- Cadeira de rodas de toque por terceiros;
- Cadeiras de rodas elétricas;
- Andadores;
- Muletas canadenses;
- Cadeiras de banho;
- Bengalas.

2.2.9. Auxílios para qualificação da habilidade visual e recursos que ampliam a informação a pessoas com baixa visão ou cegas

São equipamentos que promovem a independência de deficientes visuais na realização de tarefas. Fazem parte desta categoria:

- Linha Braille ou display;
- Teclado Ampliado;
- Leitor de Livros Digitais Falados Daisy;
- Digitalizador e Leitor autônomo de textos;
- Folheador Eletrônico Automático;
- Impressora Braille e Tinta;
- Impressora Braille;
- Máquina Fusora;
- Mesa Tátil;
- Mouse para aprendizado Braille;
- Leitor de Telas - JAWS;
- Software Leitor de Telas - WINDOWS EYES;
- Software Ampliador de Tela com Leitor de Tela auxiliar;
- Ampliador Portátil;
- Máquina de Escrever Braille Elétrica;

- Relógiotátil ou falado;
- Bengala de alumíniodobrável;

2.2.10. Auxílios para ampliação da habilidade auditiva e para autonomia na comunicação de pessoas com déficit auditivo, surdez e surdo-cegueira

Dispositivos que auxiliam a habilidade auditiva de deficientes auditivos. Fazem parte desta categoria:

- Dispositivos de conversão de sons;
- Telefones com teclado-teletipo;
- Videofones;
- Softwares de conversão de voz;
- Textos e dicionários digitais em Língua de Sinais.

2.2.11. Adaptações em veículos e em ambientes de acesso ao veículo

Esta categoria consiste em acessórios e adaptações para possibilitar que uma pessoa portadora de alguma deficiência possa conduzir um veículo adequadamente. Fazem parte desta categoria:

- Plataforma elevatória para o veículo;
- Rampas de acesso ao carro;
- Facilitadores de embarque e desembarque;
- Banco móvel de carro;
- Banco Rotante;
- Auto Guincho;
- Adequação de veículos para direção segura da pessoa com deficiência.

2.2.12. Esporte e Lazer

Consiste em recursos que favorecem a prática de esportes por portadores de alguma deficiência e que favorecem a prática de atividade de lazer dessas pessoas. Fazem parte desta categoria:

- Parque adaptado;
- Bola com guizo sonoro;
- Equipamentos paraprática de esporte por pessoas com deficiência;
- Equipamentos paraprática de lazer por pessoa com deficiência;
- Suporte para baralho.

2.3. Legislação brasileira referente à Tecnologia Assistiva

No Brasil o termo Tecnologia Assistiva, possui algumas outras terminologias como, “Ajudas Técnicas” e “Tecnologias de Apoio”. O Decreto 3.298 de 1999 regulamenta a Lei nº 7.853 de 24 de outubro de 1989 e dispõe sobre a Política Nacional para a Integração da pessoa portadora de deficiência e define o termo Ajudas Técnicas em seu Art. 19 como:

“Os elementos que permitem compensar uma ou mais limitações funcionais motoras, sensoriais ou mentais da pessoa portadora de deficiência, com o objetivo de permitir-lhe superar as barreiras da comunicação e da mobilidade e de possibilitar sua plena inclusão social. Parágrafo único. São ajudas técnicas:

- I - próteses auditivas, visuais e físicas;
- II - órteses que favoreçam a adequação funcional;
- III - equipamentos e elementos necessários à terapia e reabilitação da pessoa portadora de deficiência;
- IV - equipamentos, maquinarias e utensílios de trabalho especialmente desenhados ou adaptados para uso por pessoa portadora de deficiência;
- V - elementos de mobilidade, cuidado e higiene pessoal necessários para facilitar a autonomia e a segurança da pessoa portadora de deficiência;
- VI - elementos especiais para facilitar a comunicação, a informação e a sinalização para pessoa portadora de deficiência;

VII - equipamentos e material pedagógico especial para educação, capacitação e recreação da pessoa portadora de deficiência;

VIII - adaptações ambientais e outras que garantam o acesso, a melhoria funcional e a autonomia pessoal; e

IX - bolsas coletoras para os portadores de ostomia.”

Já o Decreto 5.296 de 2 de dezembro de 2004 estabelece as normas gerais e critérios básicos para a promoção de acessibilidade das pessoas portadoras de deficiência ou com mobilidade reduzida. No Capítulo III Art. 8 considera-se:

“I - acessibilidade: condição para utilização, com segurança e autonomia, total ou assistida, dos espaços, mobiliários e equipamentos urbanos, das edificações, dos serviços de transporte e dos dispositivos, sistemas e meios de comunicação e informação, por pessoa portadora de deficiência ou com mobilidade reduzida;

V - ajuda técnica: os produtos, instrumentos, equipamentos ou tecnologia adaptados ou especialmente projetados para melhorar a funcionalidade da pessoa portadora de deficiência ou com mobilidade reduzida, favorecendo a autonomia pessoal, total ou assistida;”

O Decreto nº 3.956 de 8 de outubro de 2001 promulga a Convenção Interamericana para a eliminação de todas as formas de discriminação contra as pessoas portadoras de deficiência.

E a Lei nº 13.146 de 6 de julho de 2015 dispõe sobre a inclusão de pessoas com deficiência. Esta Lei no Art. 3 considera:

“I - acessibilidade: possibilidade e condição de alcance para utilização, com segurança e autonomia, de espaços, mobiliários, equipamentos urbanos, edificações, transportes, informação e comunicação, inclusive seus sistemas e tecnologias, bem como de outros serviços e instalações abertos ao público, de uso público ou privados de uso coletivo, tanto na zona urbana como na rural, por pessoa com deficiência ou com mobilidade reduzida;

II - desenho universal: concepção de produtos, ambientes, programas e serviços a serem usados por todas as pessoas, sem necessidade de adaptação ou de projeto específico, incluindo os recursos de tecnologia assistiva;

III - tecnologia assistiva ou ajuda técnica: produtos, equipamentos, dispositivos, recursos, metodologias, estratégias, práticas e serviços que objetivem promover a

funcionalidade, relacionada à atividade e à participação da pessoa com deficiência ou com mobilidade reduzida, visando à sua autonomia, independência, qualidade de vida e inclusão social;”

Estas são as principais legislações referentes à Tecnologia Assistiva no Brasil, é importante notar que todas elas são recentes, ou seja, é um conceito novo no Brasil.

2.4. Automação residencial de acessibilidade

O conceito de automação residencial de acessibilidade pode ser, também, denominado como *Smart Home* e é uma área que vem crescendo no mercado. Como próprio nome já diz, *Smart Home* é uma casa inteligente, ou seja, é composto de dispositivos com a função de automatizar a residência. Essa automatização pode ser no sistema de todos os equipamentos integrados da residência.

Todos os equipamentos de uma casa podem ser conectados ao sistema de automação residencial central para que possam ser controlados remotamente. Este conceito permite com que o usuário gerencie todos equipamentos da residência, como os equipamentos da sala de estar, a televisão, o som, os alarmes de segurança da casa. E todo sistema de iluminação e de temperatura.

Este conceito que vem ganhando força nos últimos anos, consiste em um sistema de controle sem fio que pode ser por Wi-Fi, *bluetooth* ou infravermelho. E do qual pode ser controlado ou por um dispositivo como um *tablet* ou pelo próprio *smartphone* do usuário ou pelo computador do usuário. A Figura 3 exemplifica como todos os sistemas da residência podem ser integrados e controlados por um *tablet*, por exemplo. Pode-se notar pela figura que existem múltiplos sistemas da residência que podem ser controlados remotamente, como soluções integradas de segurança, televisão, sistema de iluminação geral da residência, climatização com janelas motorizadas, gerenciamento inteligente das águas (captação de chuva, piscina, chuveiro), sistema de temperatura (ar condicionado e ventiladores) e até mesmo gerenciamento de consumo de luz, gás e água. Estes sistemas citados são alguns fornecidos por uma empresa brasileira de *Smart Home* que foi fundada em 2005.

Todos esses sistemas podem ser integrados no sistema de casa inteligente e controlados remotamente em qualquer lugar que o usuário esteja.



Figura 3. Exemplo de controle de *Smart Home*.
Fonte: Imóvel Web, 2017.

Um sistema de casa inteligente pode ser usado por qualquer pessoa, para pessoas não deficientes que buscam conforto, praticidade e segurança e para pessoas portadoras de alguma deficiência que buscam, principalmente, autonomia em sua própria casa. No âmbito de pessoas portadoras de alguma deficiência a casa inteligente pode mudar sua vida doméstica fazendo com que todos os dispositivos de sua residência se tornem acessíveis de serem controlados sem a ajuda de um cuidador.

Existem diversos métodos que podem ser utilizados como controle de ambiente de acessibilidade como, por exemplo, utilização de sinais biomédicos, como eletromiografia (EMG) captados por músculos da face, eletroencefalografia (EEG) ou por sensores oculares, por exemplo. Existem diversos artigos e estudos sobre *Brain Computer Interfaces* (BCI) que consiste em um tipo de controle que pode ser usado para projetos de acessibilidade a partir dos sinais advindos do cérebro (EEG). O sistema BCIs tem por objetivo medir a atividade cerebral e, com isso, permitir que comandos sejam enviados a um computador e, então, poder usar os comandos para diversas aplicações (Kosmyna Nataliya, 2016). O BCIs pode ser utilizado para controlar o sistema de *Smart Home* da residência de uma pessoa

portadora de alguma deficiência física. O eletroencefalograma (EEG) é o registro eletrofisiológico da atividade elétrica pós-sináptica de uma grande quantidade de neurônios piramidais do córtex cerebral (Barbosa Andre, 2012). As ondas cerebrais estudadas por um EEG são classificadas em ondas alfa, beta, gamma, theta e delta. Cada onda refere-se a uma determinada frequência e a uma determinada amplitude, que são associadas a diferentes estados mentais de um indivíduo. Contudo, um EEG sozinho não é uma BCI, pois o EEG apenas capta e grava os sinais da atividade cerebral mas não gera uma saída que atua no ambiente do usuário. Ou seja, BCI não é um EEG mas BCI tem o princípio de um EEG, o usuário e o BCI trabalham juntos. O usuário, muitas vezes após um período de treinamento, gera sinais cerebrais que codificam a intenção, e o BCI, também após o treinamento, decodifica os sinais e os converte em comandos para um dispositivo de saída que atende a intenção do usuário (Shih Jerry, 2012).

Analizando a possibilidade de controle de ambiente por EMG, podemos utilizar a atividade muscular de músculos da face, caso seja um deficiente tetraplégico, para controlar o sistema integrado da residência em questão. E levando em consideração o controle de ambiente por sensores oculares, o qual é a proposta deste presente trabalho de conclusão de curso, podemos envolver o sistema de *EyeTracking* que consiste no rastreamento do olhar do usuário na tela de interface, ou seja, seria usado o rastreamento do olhar do usuário na interface contida em um tablet ou em um smartphone ou em um computador para que o deficiente físico possa controlar remotamente seu sistema de casa inteligente. O sistema de *EyeTracking* é apenas um exemplo de sensores que podem ser úteis para projetos de acessibilidade, vale ressaltar que existem vários outros tipos de sensores para projetos desta categoria.

2.5. Sistema de Infravermelho

Existem alguns métodos de comunicação sem fio para diversas categorias de projetos. Comunicações sem fio podem ser feita por *bluetooth*, Wi-Fi, infravermelho, radiofrequência, entre outros. Cada sistema de comunicação sem fio depende da aplicação de que será utilizado, e de como o projetista preferir. O presente trabalho

utiliza o sistema de infravermelho para a aplicação de um controle de ambiente de acessibilidade.

O sistema de infravermelho (IR) baseia-se em um receptor e um emissor de sinais infravermelho, que são invisíveis ao olho humano. São compostos de um LED infravermelho, o qual emite um pulso de infravermelho a um equipamento, cada pulso emitido possui um valor hexadecimal correspondente. Esse valor é então captado pelo receptor que se encontra no equipamento em questão e é então processado pelo mesmo e o comando é realizado.

O sistema de infravermelho pode ser por reflexão ou detecção por interruptor. O sistema por reflexão baseia-se em que o emissor IR emite luz infravermelha e um objeto refletor rebate o sinal a um receptor sendo assim, quanto mais próximo o objeto estiver melhor será a intensidade do sinal. E o sistema de detecção por interruptor, o emissor infravermelho e o receptor são instalados na mesma direção e sentidos opostos e então, o sinal é interrompido quando um objeto interfere entre o emissor e o receptor.

No exemplo de uma televisão, cada botão de comando do controle remoto possui uma referência em valor hexadecimal. No momento em que é apertado um botão, o LED infravermelho do controle remoto emite à televisão o valor, e então, a televisão recebe este valor e o comando de ligar ou desligar, mudar de canal, mudar de volume, é realizado. Na Figura 4 abaixo tem a demonstração dos tipos de ondas e suas frequências. Vale ressaltar, que o sistema de infravermelho opera em uma determinada distância. Ou seja, é preciso que o LED infravermelho esteja a uma distância determinada do equipamento para o qual ele possa ser acionado.

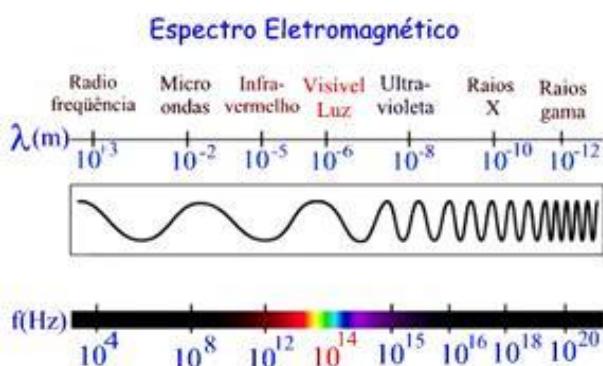


Figura 4. Espectro eletromagnético dos tipos de ondas.
Fonte: Unesp, 2017

Existem sensores infravermelhos passivos e sensores infravermelho ativos. Os sensores IR passivos são aqueles em que não emitem luz infravermelha sendo apenas receptor de sinal. Um exemplo prático deste sensor são lâmpadas que acendem com sensores de presença, onde identificam a presença da pessoa por consequência do calor emitido do corpo humano. Já os sensores IR ativos são sensores que possuem o receptor e o emissor, como por exemplo, a televisão ou qualquer dispositivo via controle remoto.

2.6. Sensor ocular, *EyeTracking*

O sistema de *EyeTracking* é um sistema de controle por comando ocular. Seu funcionamento baseia-se no rastreamento do olhar o usuário em uma interface localizada na tela de um computador. Este sistema possui diversas aplicações, como em videogames, Web, televisão, dispositivos móveis, e no ramo de Tecnologia Assistiva é um sistema válido para controle de qualquer objeto para um deficiente motor.

Existem diversas aplicações deste sistema, ele pode, por exemplo, controlar uma cadeira de rodas, dispositivos eletrodomésticos e, no âmbito deste trabalho, fazer um controle de ambiente acessível à pessoas portadoras de alguma deficiência. O primeiro sistema de *EyeTracking* em um computador foi realizado pela empresa *LC Technologies* (USA), o qual possibilitou a interação com outros equipamentos e dispositivos.

Segundo o site de uma empresa fabricante de um *EyeTracker*, o funcionamento deste sensor é da seguinte forma: o sensor possui dois componentes comuns, uma fonte de luz e uma câmara. A fonte de luz, que geralmente é infravermelho, é direcionada ao olho e a câmara rastreia o reflexo da fonte de luz juntamente com características oculares visíveis, como a pupila. Estes dados são, então, para extrapolar a rotação do olho e, finalmente, o rastreamento do olhar. Informações como a frequências de piscada do usuário e mudanças no diâmetro da pupila, também, são detectadas por este sensor (*EyeTracking*, 2017). Os dados

podem ser armazenados ou simplesmente ser usados em tempo real para controlar algum equipamento.

Existem *EyeTracking* remoto, ou seja, um sensor que é colocado embaixo da tela do computador e *EyeTracking* em forma de óculos. A empresa fabricante de *EyeTracking*, Tobii, possui duas imagens explicativas do funcionamento deste sensor ocular, uma para cada tipo de *EyeTracking*. A Figura 5 abaixo demonstra o funcionamento do *EyeTracker* remoto.

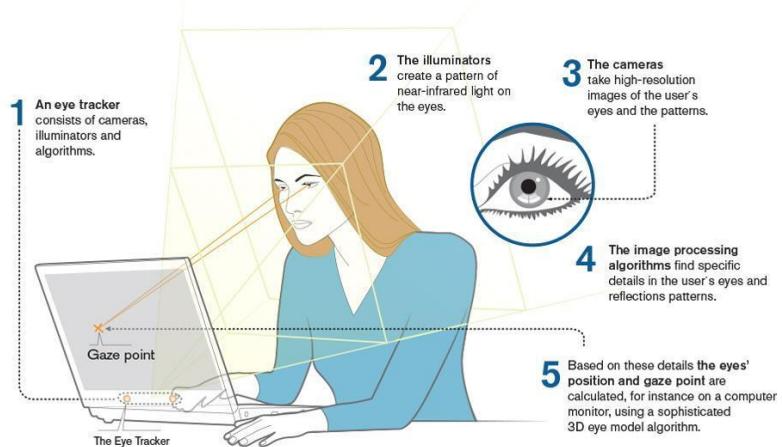


Figura 5. Funcionamento do sensor do tipo *EyeTracking* remoto da marca Tobii.
Fonte: Tobii Pro, 2017

Nesta figura temos que, o número 1 representa o sensor ocular que consiste de câmaras e a fonte de luz infravermelha. O número 2 mostra que a fonte de luz emite aos olhos luz infravermelha, o número 3 é quando a câmara do sensor capta imagens de alta resolução do olho do usuário. Já no número 4 a imagem captada é processada por algoritmos para determinar detalhes do olho do usuário e os padrões de reflexão da fonte de luz. E por fim, o número 5, a partir dos detalhes determinados anteriormente, é calculado a direção do olhar do usuário na tela usando um determinado algoritmo. Já a Figura 6 abaixo, demonstra o funcionamento do *EyeTracker* em forma de óculos (Tobii Pro, 2017).

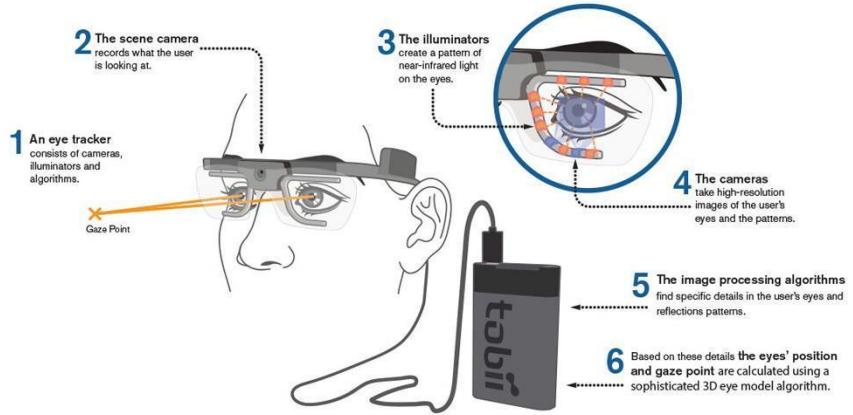


Figura 6. Funcionamento do sensor do tipo *EyeTracking* em óculos da marca Tobii.

Fonte: Tobii Pro, 2017

Nesta Figura 6 temos que, o número 1 representa o sensor de *EyeTracking* em forma de óculos que consiste em uma câmara e uma fonte de luz infravermelha. O número 2 diz que a câmara faz o registro do que o usuário está olhando. O número 3 representa a emissão de luz infravermelha no olho do usuário, a fonte de luz encontra-se na lente do óculos. E então, a câmara capta imagens de alta resolução do olho do usuário (número 4). O óculos é conectado em um componente que tem a função de processar a imagem captada (número 5) do olho do usuário e, por fim, o número 6, é calculado a posição do olhar do usuário a partir dos detalhes captados anteriormente (Tobii Pro, 2017).

Por fim, o sistema de rastreamento do olhar do usuário utilizado por sensores oculares do tipo *EyeTracking* é um sistema muito usual para controle de diversos dispositivos. Existem vários estudos que utilizam este sistema e vários projetos que, também, o usam. E no âmbito de dispositivos, controles, e equipamentos para TA é um sistema bastante útil e uma alternativa interessante para controles para deficientes.

3. Metodologia

A metodologia deste projeto pode ser dividida em etapas. A primeira etapa refere-se ao sinal de infra vermelho do controle remoto de cada equipamento. Ou seja, fazer o tratamento deste sinal pela plataforma Arduino. Este tratamento consta, primeiramente, com a aquisição do sinal infravermelho advindo do controle remoto dos equipamentos em questão, lâmpada de LED e televisão, em seguida fazer o processamento via software do sinal IR recebido pelo sensor e, por fim, emitir o sinal IR pelo LED infravermelho aos equipamentos. Uma vez feito este processo (receber e emitir o sinal IR via Arduino) começa a segunda etapa do projeto.

A segunda etapa do projeto refere-se à interface e ao sensor do tipo *EyeTracking*, que foi realizado na plataforma Visual Studio em linguagem C#.

Já a terceira etapa do projeto refere-se à comunicação via porta serial da plataforma Arduino e da plataforma da interface do projeto juntamente com o sensor do tipo *EyeTracking*.

E por fim, a etapa quatro é a realização de testes e aperfeiçoamento do projeto. Abaixo será detalhado a metodologia de cada etapa do projeto e os materiais que foram utilizados. A Figura 7 representa um diagrama de blocos para exemplificar as etapas seguidas da metodologia deste trabalho. Porém o real funcionamento do projeto segue uma outra sequência que é mostrada no diagrama de blocos da Figura 8. E cada etapa do desenvolvimento do projeto (Figura 20) é detalhada a seguir.

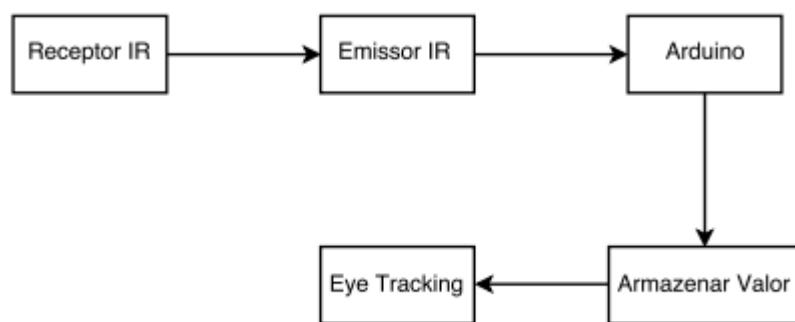


Figura 7. Diagrama de blocos da metodologia do projeto.
Fonte: Diagram Lite, 2017

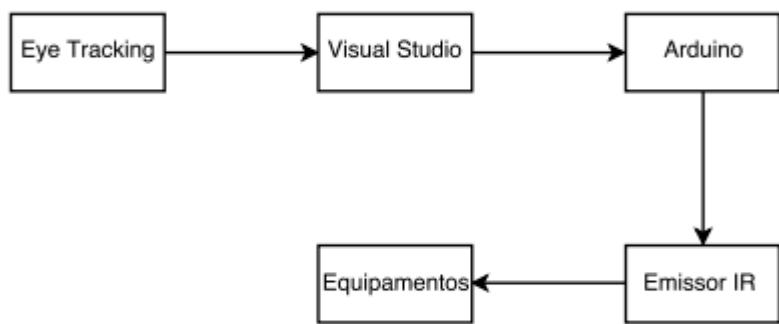


Figura 8. Diagrama de blocos do funcionamento do projeto.
Fonte: Diagram Lite, 2017

3.1. Materiais

Para o presente projeto do trabalho de conclusão de curso foram utilizados os seguintes materiais:

- Receptor IR LL-M2638;
- LED IR 5mm, T-1 3/4, IR333-A;
- Resistor 220 Ohm;
- Arduino UNO;
- Lâmpada de LED controle remoto colorido;
- Televisão LG;
- Computador;
- Plataforma Arduino;
- Plataforma Visual Studio.

3.2. Primeira Etapa - Sinal IR

3.2.1. Aquisição do sinal IR (Receptor IR)

Primeiramente foi feito a aquisição de cada comando do controle remoto do equipamento. Para isto, foi utilizado o sensor receptor de infravermelho LL-M2638. Este sensor possui 3 pinos, Vcc, GND, Vout, com frequência de 38kHz e Vcc de 5 Volts. O pino Vcc foi conectado ao 5 Volts do Arduino UNO, o sensor foi alimentado pelo próprio Arduino, o pino GND conectado ao GND do Arduino UNO e o pino Vout a porta 11 digital do Arduino UNO. Na plataforma do Arduino foi gerado um código

para a aquisição do sinal advindo do controle remoto, para isto foi utilizada a biblioteca IRremote que refere-se a sinais IR. Este código tem por finalidade disponibilizar no monitor serial um valor em hexadecimal referente ao botão que foi pressionado do controle remoto. Ou seja, assim que o usuário pressionar o botão “Power” da televisão, um valor em hexadecimal é mostrado no monitor serial. A Figura 9 ilustra o receptor de IR utilizado e a Figura 10 ilustra o esquema do circuito do receptor.



Figura 9. Receptor IR.
Fonte: Data Sheet LL-M2638.

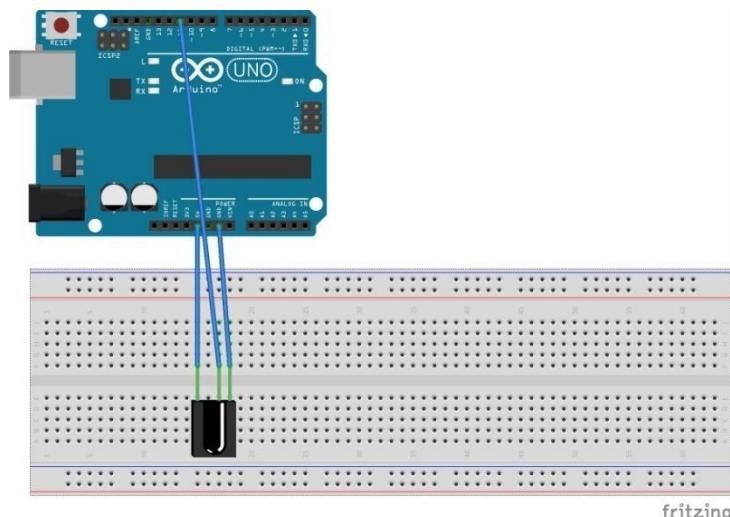


Figura 10. Esquema de ligação do receptor IR.
Fonte: Fritzing, 2017

Neste projeto, foi realizado primeiro a aquisição do sinal IR dos botões do controle remoto da televisão LG. Os botões do controle remoto da televisão utilizados foram: “Power”, “+ canal”, “- canal”, “- volume”, “+ volume”. Ou seja, foi feito o controle dos canais, do volume e desligar/ligar a televisão. Para cada um

destes botões, quando pressionados, foi disponibilizado no monitor serial da plataforma Arduino seu valor correspondente em hexadecimal. É importante mencionar que a distância de recebimento do sinal deste sensor é de 6 metros, ou seja, é necessário que o usuário pressione o botão do controle remoto a uma distância máxima de 6 metros do receptor e que não haja obstáculos entre o controle remoto e o receptor.

Em seguida foi feito o mesmo processo para a lâmpada de LED utilizada. Esta lâmpada já possui nela o sensor de infravermelho e um controle remoto para acendê-la. Então, foi necessário pressionar o botão de acender e de desligar a lâmpada para que fosse gerado o valor em hexadecimal referente a cada um destes comandos.

Uma vez gerado o valor hexadecimal de cada botão pode-se dar início a segunda etapa do tratamento do sinal IR.

3.2.2. Emissão sinal IR (Emissor IR)

Para a emissão do sinal IR de cada comando do, respectivo, equipamento foi necessário gerar um novo código na plataforma Arduino para que pudesse ser feita a transmissão do sinal para o equipamento.

Primeiramente foi projetado um hardware simples composto por uma resistência de 220 Ohm e o LED IR. O esquema do hardware é mostrado na Figura 11.

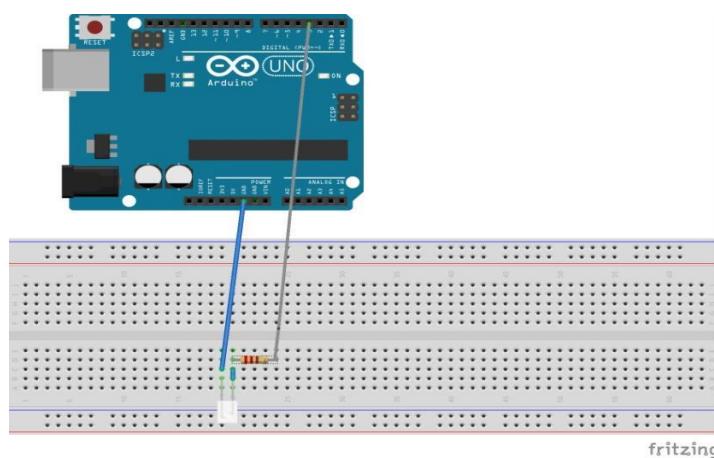


Figura 11. Esquema do circuito emissor de IR.
Fonte: Fritzing, 2017

Para que pudesse ser emitido o sinal IR, a partir do valor em hexadecimal, foi utilizado o comando “irsend” da biblioteca IRremote e foi criada uma condição para a emissão do sinal. Esta condição baseia-se no momento que o usuário escrever um caractere específico, determinado pelo projetista na condição de acionamento dos comandos de cada equipamento, no monitor serial da plataforma Arduino, o sinal seria emitido ao equipamento. Ou seja, caso o usuário escrever o caractere “L” no monitor serial a televisão ligaria.

Uma vez feito isto e testado devidamente para todos os comandos citados da televisão e da lâmpada, o processo de tratamento do sinal IR foi concluído e pôde-se dar início à segunda etapa do projeto.

3.3. Segunda etapa - Interface e sensor do tipo *EyeTracking*

A segunda etapa do projeto refere-se à plataforma Visual Studio para o desenvolvimento da interface do projeto. O programa criado foi desenvolvido em linguagem C# e foi utilizado como referência para o desenvolvimento deste projeto o trabalho “Sistema multimodal para cadeiras de rodas motorizadas: uma alternativa ao joystick” (MARTINS, F. R). Esta etapa, também, pode-se ser dividida em duas categorias: calibração e comunicação com o sensor do tipo *EyeTracking*, desenvolvimento da interface, implementação do sinal sonoro de emergência

3.3.1. Calibração do sensor do tipo *EyeTracking*

O primeiro passo foi a realização da comunicação do sensor de rastreamento ocular na plataforma Visual Studio. Para isto, foi preciso gerar um código para calibração do sensor. O sensor é conectado a uma porta USB 3.0 do computador e será posicionado abaixo do computador.

O programa terá duas interfaces, uma referente à calibração do sensor e outra referente à interface de controle dos equipamentos. A interface de calibração do sensor é a primeira a ocorrer. Portanto, quando iniciado o programa, abrirá na tela do computador a interface de calibração do sensor, da qual consta com alguns pontos na tela em que o usuário deve direcionar seu olhar. Serão 9, 12, ou 15

pontos que o usuário pode escolher para fazer a calibração. Ao final desta calibração o programa mostrará se a calibração foi considerado “ruim”, “boa” ou “excelente”. A calibração é uma etapa importante para que se possa ter um bom controle na segunda interface. Uma vez feita a calibração o usuário não pode mais movimentar a cabeça, caso ele movimente a cabeça deverá ser feita uma nova calibração.

Após feita a calibração, o usuário deve clicar no botão “iniciar” para que seja iniciada a segunda interface, referente ao controle dos equipamentos. A Figura 12 mostra a tela da interface de calibração do sensor.



Figura 12. Primeira janela de calibração do sensor.
Fonte: Visual Studio

3.3.2. Interface de controle dos equipamentos

A interface referente ao controle dos equipamentos é feita baseada em uma divisão de tela em dez partes. O sensor *EyeTracking* capta a direção do olhar do usuário em uma destas dez divisões da tela. Para isto, foi calculado uma porcentagem que delimita cada parte dividida da tela, como mostrado na Figura 13. Cada divisão refere-se à um determinado comando, seja da televisão, da lâmpada ou do sinal de emergência.

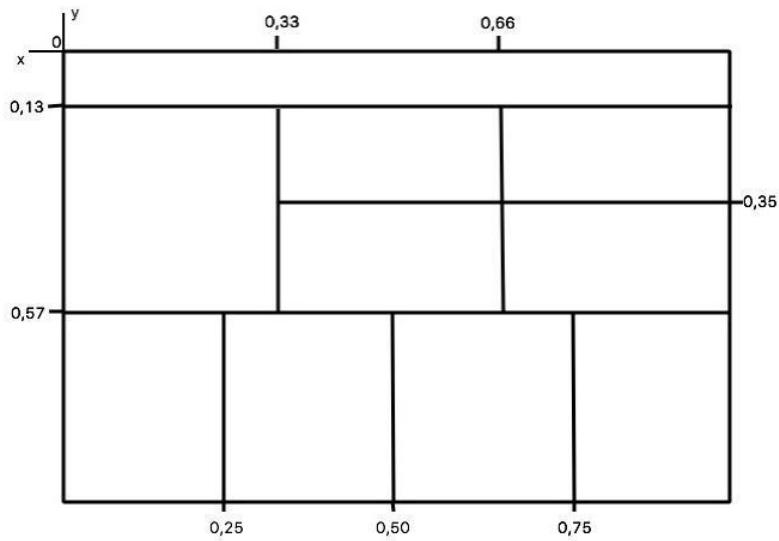


Figura 13. Divisão de tela da interface.

Fonte: Paint, 2017

Esta divisão de tela, mostrado na Figura 13, tem por objetivo, ser cada divisão, a região da qual o sensor *EyeTracker* capta o direcionamento do olhar. Não importa o que esteja dentro de cada divisão, como um botão, uma *textbox*, ou algum outro recurso de linguagem C#, o sensor *EyeTracker* apenas detecta se o olhar do usuário está em uma determinada região definida pelo projetista. Esta divisão possui 10 regiões de interesse sendo que apenas 9 destas regiões são chamadas ativas, ou seja, apenas 9 regiões são referentes aos comandos de acionamento da lâmpada, da televisão e do sinal sonoro de emergência. A região inativa, que é entre $0 < y < 0,13$ e $0 < x < 1$, é uma região onde nenhuma forma de controle ocorrerá, portanto, se o usuário direcionar seu olhar para esta região não será acionado nenhum equipamento. Já as outras regiões ativas, basta o usuário direcionar seu olhar para a região de interesse para que acione o comando do equipamento desejado.

Em cada divisão da tela está escrito com uma *textbox* o comando referente do equipamento. Porém, esta *textbox* é útil para que o usuário saiba onde deve olhar para acionar o comando desejado. O usuário precisa, então, direcionar o olhar para a divisão desejada para que o comando possa ser acionado. Não necessariamente o usuário precisa direcionar o olhar para a escrita do comando, mas sim para a divisão da tela.

Nesta interface, também, foi implementado via software um sinal sonoro de emergência. Para que se algo aconteça com a pessoa portadora de alguma deficiência, ela possa acionar o sinal sonoro para que o cuidador possa socorrê-la.

Para que não ocorra o erro em que o usuário apenas passe o olhar por um comando e o mesmo seja acionado, foi implementado um *timer* de dois segundos para o acionamento de cada comando. Ou seja, para que qualquer comando de cada equipamento seja acionado é preciso que o usuário fixe o olhar no comando por, pelo menos, dois segundos. Isto resolve o erro do comando ser acionado simplesmente com o passar do olhar por ele.

3.4. Testes e aperfeiçoamento do projeto

Uma vez concluído o projeto foi realizado diversos testes para que a interface estivesse de forma adequada à aplicação do projeto. Um dos aperfeiçoamentos realizado foi a implementação do timer para o acionamento dos comandos e a adequação da disposição dos comandos na divisão da tela. Outro teste realizado foi de verificar se cada divisão da tela estava adequada, para isto foi inserido uma *Label* na interface para que quando direcionasse o olhar na divisão desejada fosse escrito na *label* o comando referente à região de interesse. Este teste é o primeiro teste da interface. Uma vez que as regiões foram alocadas adequadamente, é possível inserir na condição da região o acionamento do comando referente ao mesmo.

4. Resultados e discussão

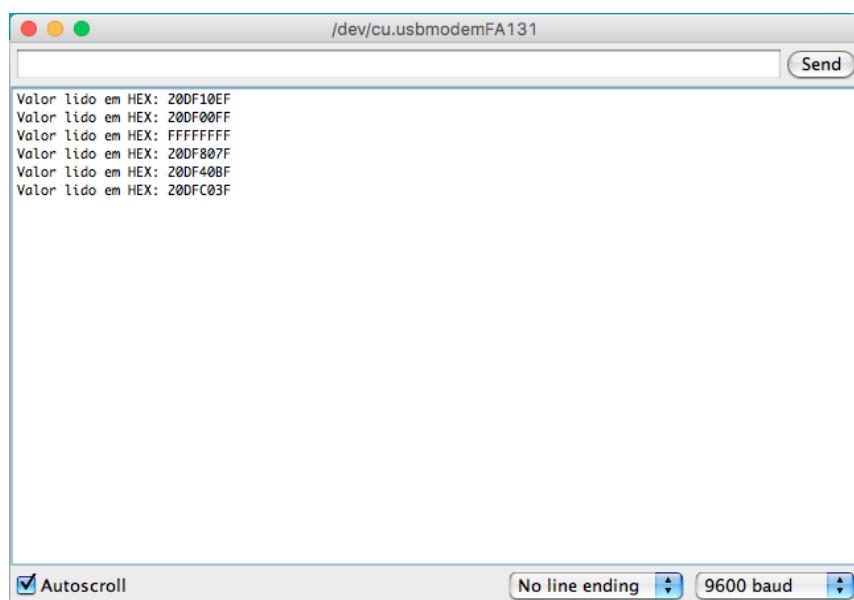
Assim como a metodologia, os resultados também podem ser divididos em etapas. Sendo a primeira etapa o resultado do controle da televisão e da lâmpada via Arduino e a segunda etapa o resultado obtido pelas duas interfaces do programa, interface de calibração e a interface de controle dos equipamentos. A seguir estará o detalhamento dos resultados.

4.1. Resultado da primeira etapa - Controle via Arduino

4.1.1. Aquisição do sinal IR

Primeiramente o código gerado na plataforma Arduino para aquisição do sinal IR de cada botão do controle remoto da televisão e da lâmpada é mostrado no anexo I.

Neste código, é utilizado a biblioteca IRremote e tem por finalidade mostrar no monitor serial o código em hexadecimal de cada botão pressionado do controle remoto em questão. Para a televisão, os valores referentes aos botões do controle remoto foram mostrados como está na Figura 14.



The screenshot shows the Arduino Serial Monitor window titled '/dev/cu.usbmodemFA131'. The window displays a list of hex values read from the serial port:

```
Valor lido em HEX: 20DF10EF
Valor lido em HEX: 20DF00FF
Valor lido em HEX: FFFFFFFF
Valor lido em HEX: 20DF807F
Valor lido em HEX: 20DF40BF
Valor lido em HEX: 20DFC03F
```

At the bottom of the window, there are several status indicators and settings: a checked 'Autoscroll' checkbox, a 'No line ending' dropdown, and a '9600 baud' dropdown.

Figura 14. Monitor serial com os códigos em hexadecimal da televisão.
Fonte: Arduino, 2017.

Estes valores gerados em hexadecimal referente a cada botão do controle remoto da televisão foram anotados para que fossem utilizados no próximo passo do projeto que é a emissão do sinal IR. O primeiro “valor lido em HEX” refere-se ao botão “POWER” da televisão, ou seja, o botão de ligar e desligar a televisão, o segundo “Valor lido em HEX” refere-se ao botão “+ canal”, o quarto “Valor lido em HEX” refere-se ao botão “- canal”, o quinto “Valor lido em HEX” refere-se ao botão “+ volume”, o sexto “Valor lido em HEX” refere-se ao botão “- volume”. Note que a terceira linha do monitor serial apareceu o valor “FFFFFFF”, isso é devido a um erro na aquisição do sinal IR, ou seja, o botão do controle remoto não foi pressionado adequadamente, da mesma forma que caso aparecesse no monitor serial o código “0”, também seria o mesmo erro de pressionamento do botão do controle remoto. Basta, apenas, desconsiderar esse valor de erro. Portanto os valores em hexadecimal do sinal IR de cada botão são:

- POWER: 20DF10EF;
- + Canal: 20DF00FF;
- - Canal: 20DF807F;
- + Volume: 20DF40BF;
- - Volume: 20DFC03F.

O mesmo processo foi realizado para a lâmpada com o mesmo código do Arduino. E o resultado da aquisição do sinal IR da lâmpada é mostrado na Figura 15.

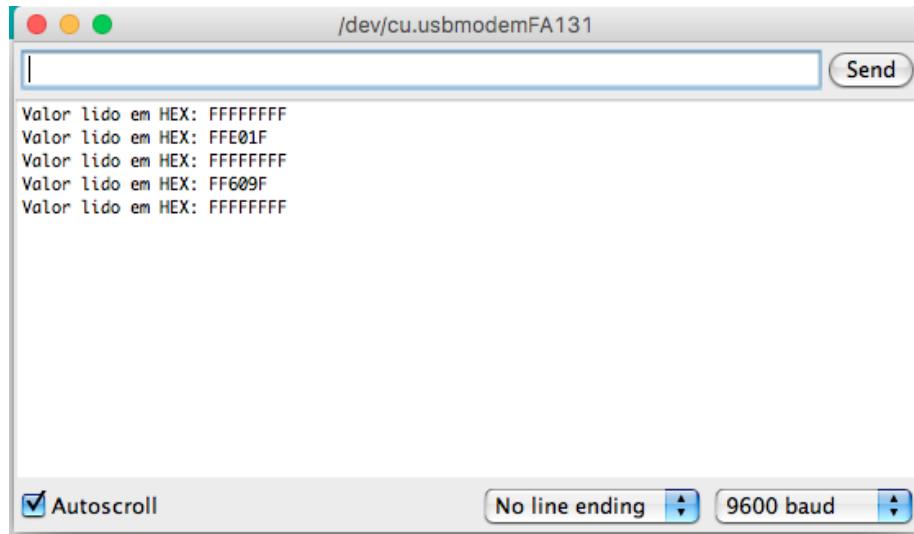


Figura 15. Monitor serial com código em hexadecimal da lâmpada.

Fonte: Arduino, 2017

Para a lâmpada foi utilizado apenas os botões “ON” e “OFF” do controle remoto da mesma. Note na Figura 15 que apareceu vários valores “FFFFFFF”, como já explicado, esse valor refere-se à um erro no momento de pressionar o botão do controle remoto, ou seja, à uma leitura inadequada do sinal IR advindo do controle remoto.

O segundo “Valor lido em HEX” refere-se ao botão “ON” do controle remoto da lâmpada e o quarto “Valor lido em HEX” refere-se ao botão “OFF” do controle remoto da lâmpada. Portanto, foi armazenado os seguintes valores:

ON: FFE01F;

OFF: FF609F.

Todos estes valores em hexadecimal dos sinais IR são de 32 bits, é importante saber o número de bits para que possa ser utilizado no código de emissão do sinal IR. Uma vez adquirido todos os valores em hexadecimal dos comandos de interesse dos equipamentos se deu inicio à etapa de transmissão do sinal IR via Arduino.

4.1.2. Transmissão do sinal IR

Para fazer o controle total da televisão e da lâmpada via Arduino é preciso concluir o processo de transmissão do sinal IR. Para isto, como já mencionado na metodologia, foi utilizado um hardware contendo um LED infravermelho e uma resistência de 220 Ohm conectada ao Arduino. O resistor foi conectado na porta 3 do Arduino e o LED no GND do Arduino. Em seguida foi gerado um código na plataforma Arduino para que o sinal possa ser transmitido ao equipamento. Para fazer esta transmissão foi preciso dos valores hexadecimal de cada comando. No anexo II segue o código gerado.

Nota-se que neste código foi criada uma condição para a transmissão de cada comando, ou seja, é preciso que o usuário digite no monitor serial do Arduino o caractere definido na condição para que seja transmitido o valor hexadecimal e, então, acione o comando desejado. Por exemplo, para que acenda a lâmpada o usuário precisa digitar no monitor serial o caractere “R” e para que a desligue, o caractere “F”. O código é simples e é utilizado a função “`irsend.sendNEC`” com o valor hexadecimal e o número de bits correspondente.

Feito isto, foi possível controlar remotamente a televisão e a lâmpada via plataforma do Arduino. Este código de transmissão de sinal IR é essencial para o funcionamento do projeto, pois a partir dele que foi feita a comunicação com a interface desenvolvida na plataforma Visual Studio.

É interessante mencionar que com esta lógica de processo de aquisição e transmissão de sinal IR é possível controlar qualquer equipamento infravermelho. Por exemplo, se na residência possui ventilador de teto acionado por controle remoto, o mesmo pode ser controlado via Arduino utilizando esta lógica, assim como o portão da garagem da residência entre outros. E uma vez que estes equipamentos passam a ser controlados via Arduino é possível fazer diversas formas de controle com eles.

4.2. Resultado segunda etapa - Plataforma Visual Studio

O programa de interesse deste projeto é o programa de controle de ambiente por comando ocular. O qual foi desenvolvido na plataforma Visual Studio em linguagem C#, como já mencionado. Para que se inicie esta etapa é preciso que seja feita a comunicação da porta serial do Arduino com o programa de controle dos equipamentos. E esta segunda etapa, também pode ser dividida em outras duas etapas cada uma referente a uma interface. Interface de calibração do sensor e interface de controle dos equipamentos.

4.2.1. Interface de calibração do sensor *EyeTracker*

A calibração do sensor é de extrema importância para que haja um funcionamento adequado do controle dos equipamentos. Lembrando que após a calibração o usuário não poderá movimentar a cabeça, pois caso isto ocorra não haverá um funcionamento adequado do programa. Isto quer dizer que, sem a calibração ou ocorrendo uma perda da calibração caso o usuário movimente a cabeça ocorrerá uma leitura incorreta do direcionamento do olhar na tela de interface ocasionando em um mau funcionamento do programa. Portanto, é essencial que a calibração seja feita e que seja considerado, no mí nimo, “boa”.

Assim que o programa se inicia a tela de início da calibração se abre, como mostrado na Figura 16, nela o usuário pode escolher com quantos pontos ele deseja fazer a calibração, 9, 12 ou 15 pontos. Assim que escolhido o número de pontos o usuário deve clicar em “calibrar” para que comece a calibração. A calibração consiste em um ponto que se desloca pela tela do computador e o usuário deve, então, direcionar seu olhar para este ponto, como mostrado na Figura 17. No término da calibração é mostrado a classificação da mesma como “ruim”, “boa”, “excelente”. Caso a calibração seja considerada como “ruim” é interessante que o usuário a refaça.

Em seguida, ao fim da calibração, o sistema estará pronto para abrir a interface de controle dos equipamentos. Para isto, o usuário deve clicar em “iniciar” para que seja aberto a interface de controle dos equipamentos.



Figura 16. Primeira janela de calibração do sensor
Fonte: Visual Studio.

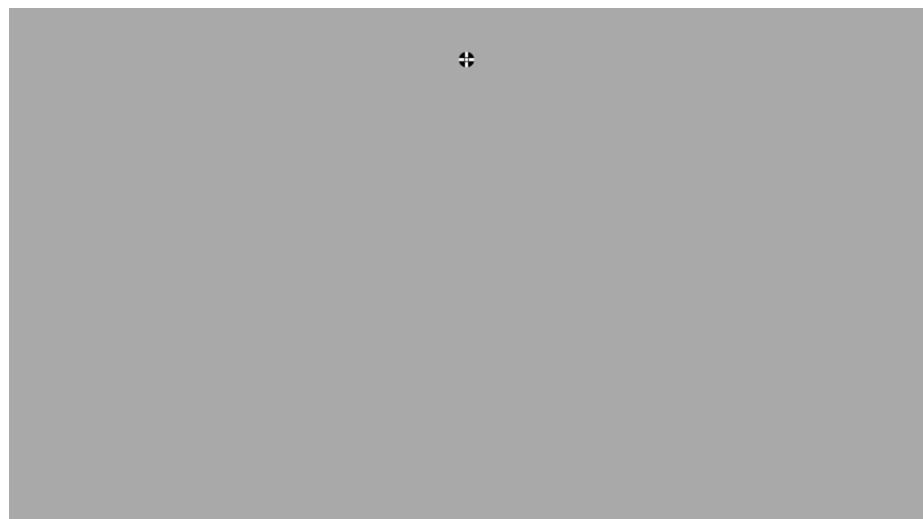


Figura 17. Segunda janela da calibração do sensor.
Fonte: Visual Studio.

4.2.2. Interface de controle dos equipamentos

Esta interface é a mais importante do projeto, pois é a partir dela que o usuário, pessoa portadora de uma limitação física, fará o controle de ambiente por comando ocular proporcionando autonomia e praticidade à esta pessoa. Porém, é necessário que todas as etapas anteriores sejam executadas de maneira correta para que esta etapa final do projeto ocorra de forma adequada. E pelo resultado obtido do projeto, todas as etapas anteriores estão funcionando de maneira correta.

A Figura 18 ilustra a interface final do projeto onde o usuário fará o controle do ambiente por comando ocular. Nela, o usuário poderá controlar a televisão de sua residência, a lâmpada do cômodo em questão e acionar um sinal sonoro de emergência caso algum imprevisto ocorra com o usuário.

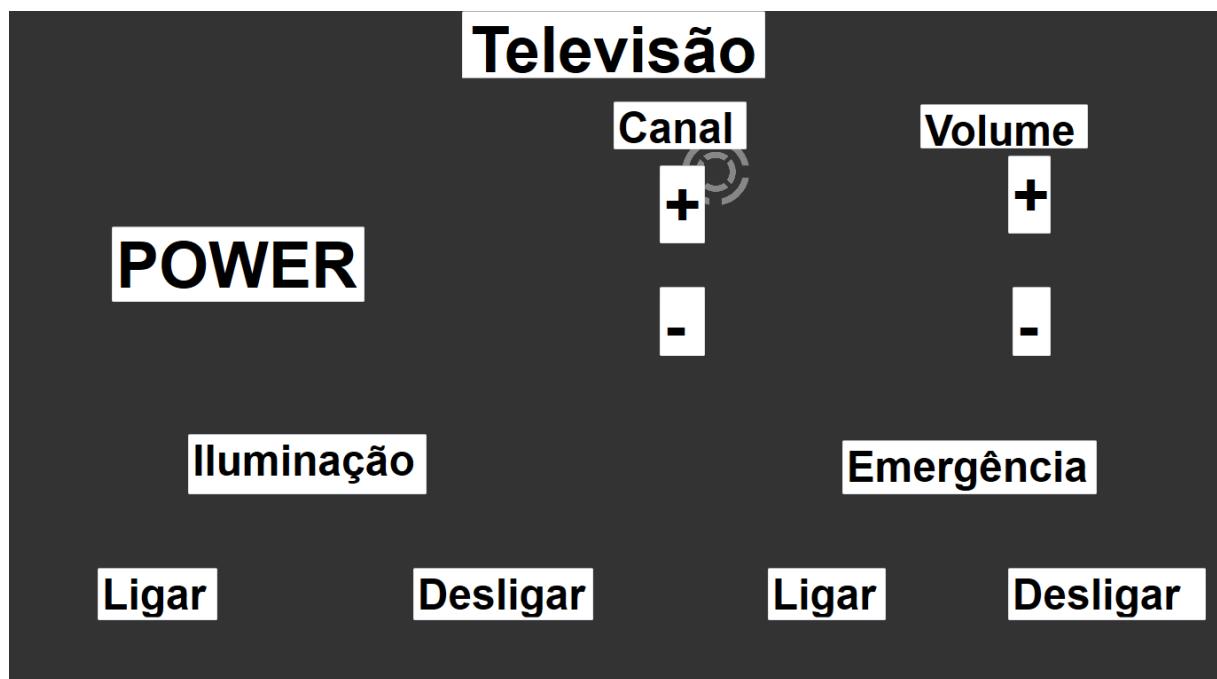


Figura 18. Interface de controle dos equipamentos.
Fonte: Visual Studio.

Com esta interface, mostrado na Figura 18, a pessoa precisará direcionar o olhar para o comando desejado para que o equipamento seja acionado. Lembrando que cada comando está inserido em uma das regiões da divisão de tela feita anteriormente. E que o controle da televisão e da lâmpada foram feitos via

comunicação com a porta serial do Arduino. Já o sinal sonoro de emergência foi implementado via software e o som será emitido pelo computador em que se encontra a interface.

4.3. Dificuldades encontrados

A partir de vários testes realizados com o resultado final do programa pode-se notar alguns erros e problemas do programa. Alguns foram solucionados e outros não.

O primeiro problema encontrado no desenvolvimento deste projeto foi da biblioteca correta de sinal IR na plataforma Arduino. Existem várias bibliotecas de vários sites para esta aplicação e nem todas são adequadas. Para solucionar isto, foi encontrado a biblioteca correta “IRremote” e esta só funcionou com o Arduino IDE 1.0.6, que é uma versão muito antiga do Arduino, e apenas com o Arduino UNO.

O segundo problema encontrado foi de que os comandos eram acionados apenas com o passar do olho pelo comando ocasionado no acionamento do equipamento de forma equivocada, por exemplo, para o usuário acender a lâmpada ele pode ter que passar o olhar pelo comando de ligar a televisão ou pelo comando de acionar o sinal sonoro ocasionado no acionamento destes comandos indesejados. E a forma de resolver este problema foi com a implementação de um *timer* na interface, fazendo com que o comando desejado seja acionado apenas quando o usuário fixar o olhar por dois segundos no comando. E, então, obtendo como resultado um funcionamento adequado do projeto.

Outro problema com este programa foi com a calibração, com os testes realizados é possível notar que o sensor não responde perfeitamente com a direção do olhar. Ocorre, algumas vezes, um pequeno *delay* do ponteiro referente à direção do olhar do usuário e algumas vezes, pôde-se notar uma pequena perda na calibração do sensor gerando uma resposta não muito adequada do programa. Portanto, é de extrema importância que a calibração seja feita e que não ocorra movimentos do usuário no momento de utilização do programa. Talvez, para

solucionar este problema seja preciso um outro sensor de rastreamento ocular de mais precisão.

5. Conclusão

A partir deste projeto pode-se concluir a importância da Tecnologia Assistiva na vida de pessoas portadoras de deficiência, e como a tecnologia pode mudar e ajudar muito a vida destas pessoas. Com certeza projetos e equipamentos de Tecnologia Assistiva, de fato, tornam as coisas possíveis a estas pessoas.

Analizando o grande crescimento de demanda no mercado por automação residencial e casas inteligentes é válido pensar e estudar formas de controle de automação que sejam acessíveis à pessoas com limitações físicas fazendo com elas consigam controlar o ambiente de sua casa de uma forma fácil e prática.

Foi possível concluir, também, que este protótipo desenvolvido precisa passar por mais testes de funcionamento para que haja um aperfeiçoamento e uma perfeita execução do mesmo. E que esta lógica de programa pode ser aplicada para todos os equipamentos da casa como, o ar condicionado, portão de entrada e portão de garagem, ventiladores, lâmpadas, entre outros.

Portanto, apesar de o sensor do tipo *EyeTracking* utilizado não ser de grande precisão, controle de ambiente por comando ocular é um tipo de controle viável à acessibilidade. Este sensor também possui diversas aplicações, por exemplo, controlar a cadeira de rodas do usuário ou controlar o ambiente.

6. Referências Bibliográficas

- ADA - American With Disabilities Act 1994. Disponível em: <http://www.resna.org/taproject/library/laws/techact94.htm> Acesso em 05/10/2007.
- CORDE, Comitê de Ajudas Técnicas, ATA VII. Disponível em: <http://www.mj.gov.br/sedh/ct/corde/dpdh/corde/comite_at.asp>
- COOK, A.M. & HUSSEY, S. M. (1995) *Assistive Technologies: Principles and Practices*. St. Louis, Missouri. Mosby - Year Book, Inc.
- DECRETO Nº 3.298, DE 20 DE DEZEMBRO DE 1999. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/d3298.htm>
- DECRETO Nº 5.296 DE 2 DE DEZEMBRO DE 2004. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/decreto/d5296.htm>
- DECRETO Nº 3.956, DE 8 DE OUTUBRO DE 2001. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2001/d3956.htm>
- Datasheet LL-M2638. Infrared Remote-control Receiver Module Technical Data Sheet. Disponível em: <http://www.datasheetlib.com/datasheet/649381/ll-m2638_lucky-light-electronic.html>. Acesso em 09/07/2017.
- EyeTracking, Inc. Website. USA. Disponível em: <<http://www.eyetracking.com/About-Us/What-Is-Eye-Tracking>>. Acesso em: 09/07/2017.
- Eye Tracking, Inc. Website. USA. What is eyetracking?. Disponível em: <<http://www.eyetracking.com/About-Us/What-Is-Eye-Tracking>>.
- How do Tobii Eye Trackers work?. Tobii Pro. Disponível em: <<https://www.tobiipro.com/learn-and-support/learn/eye-tracking-essentials/how-do-tobii-eye-trackers-work/>>. Acesso em: 09/07/2017.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Demográfico 2010. Rio de Janeiro.
- Interface Cérebro-Computador: uma abordagem exploratória. Disponível em :<http://www.dca.ufrn.br/~afreitasb/dissertacao_andre_freitas.pdf>. Acesso em: 30/05/2017.
- Kosmyna, Nataliya. Feasibility of BCI Control in a Realistic Smart Home Environment. Frontiers in Human Neuroscience. Grenoble, França. Vol: 10, pg: 416. Agosto, 2016.<<https://doi.org/10.3389/fnhum.2016.00416>>. Acesso em: 28/05/2017.

LEI Nº 13.146, DE 6 DE JULHO DE 2015. Disponível em:
http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2015/lei/l13146.htm

Martins, F. R.; SALGADO, D. P.; NAVES, E. L. M. Sistema de controle multimodal para cadeiras de rodas motorizadas: uma alternativa ao joystick. In: XXV Congresso Brasileiro de Engenharia Biomédica, 2016, Foz do Iguaçu. Anais do XXV Congresso Brasileiro de Engenharia Biomédica, 2016. P. 1486-1489.

Ondas Eletromagnéticas. Unesp. Disponível em: <http://www.rc.unesp.br/showdefisica/99_Explor_Eletrizacao/paginas%20htmls/Ondas%20eletromag.htm>. Acesso em: 10/07/2017.

Portal da Saúde.SUS. Saúde da pessoa com deficiência. Comitê de Ajudas Técnicas. Disponível em: <<http://portalsauda.saude.gov.br/index.php/oministerio/principal/secretarias/509-sas-raiz/dapes/saude-da-pessoa-com-deficiencia/I2-saude-da-pessoa-com-deficiencia/10250-comite-de-ajudas-tecnicas>>

RADABAUGH, M. P. NIDRR's Long Range Plan - Technology for Access and Function Research Section Two: NIDRR Research Agenda Chapter 5: TECHNOLOGY FOR ACCESS AND FUNCTION – Disponível em: <http://www.ncddr.org/new/announcements/lrp/fy1999-2003/lrp_techaf>

Shih, Jerry. Brain-Computer Interfaces in Medicine. Mayo Clin Proc. USA. Vol: 87. Março, 2012. <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3497935/>>. Acesso em: 30/05/2017.

Smart Home: Você tem ideia do que é isso?. Disponível em: <<http://www.novvaapramatic.com.br/smart-home-voce-tem-ideia-do-que-e-isso/>>. Acesso em: 28/05/2017.

Saiba o que é uma Smart Home e entenda a tendência do futuro. Imóvel Web. Disponível em: < <http://www.imovelweb.com.br/noticias/saiba-o-que-e-uma-smart-house-e-entenda-tendencia-futuro/>>. Acesso em: 09/07/2017.

ANEXO I

Código de aquisição do sinal IR desenvolvido no Arduino.

```
#include <IRremote.h>
#include <IRremoteInt.h>

int recvPIN = 11;

IRrecv irrecv(recvPIN);

decode_results result;

void setup()
{
    Serial.begin(9600);
    irrecv.enableIRIn();
}

void loop()
{
    if(irrecv.decode(&result))
    {
        Serial.print("Valor lido em HEX: ");
        Serial.println(result.value, HEX);
        irrecv.resume();
    }
}
```

Anexo II

Código de emissão do sinal IR desenvolvido no Arduino.

```
#include <IRremote.h>
#include <IRremoteInt.h>

const int PinLED = 3;

IRsend irsend;

void setup()
{
    Serial.begin(9600);
    // pinMode(PinLED, OUTPUT);
    analogWrite(3, LOW);
}

void loop()
{
    if(Serial.available())
    {
        char comando = Serial.read();
        if(comando == 'L') //LIGA DESLIGA TV
        {
            ligaDesliga();
        }
        if(comando == 'S') //SOBE CANAL
        {
            SobeCanal();
        }
        if(comando == 'D') //DESCE CANAL
        {
            DesceCanal();
        }
        if(comando == 'M') //AUMENTA VOLUME
        {
            AumentaVolume();
        }
        if(comando == 'A') //DIMINUI VOLUME
        {
            DiminuiVolume();
        }
        if(comando == 'R') //Acende lâmpada
        {
```

```

        LigaLampada();
    }
    if(comando == 'F') //Apaga lampada
    {
        DesligaLampada();
    }
}

void ligaDesliga()
{
    for(int i=0; i < 1; i++)
    {
        irsend.sendNEC(0x20DF10EF, 32);
    }
}

void SobeCanal()
{
    for(int i=0; i < 1; i++)
    {
        irsend.sendNEC(0x20DF00FF, 32);
    }
}

void DesceCanal()
{
    for(int i=0; i < 1; i++)
    {
        irsend.sendNEC(0x20DF807F, 32);
    }
}

void AumentaVolume()
{
    for(int i=0; i < 1; i++)
    {
        irsend.sendNEC(0x20DF40BF, 32);
    }
}

void DiminuiVolume()
{
    for(int i=0; i < 1; i++)
    {
        irsend.sendNEC(0x20DFC03F, 32);
    }
}

```

```
void LigaLampada()
{
    for(int i=0; i < 1; i++)
    {
        irsend.sendNEC(0xFFE01F, 32);
        irsend.sendNEC(0xFFD02F, 32);
    }
}

void DesligaLampada()
{
    for(int i=0; i < 1; i++)
    {
        irsend.sendNEC(0xFF609F, 32);
    }
}
```