

Sistema Microcontrolado Aplicado à Domótica Assistiva

Giovani Caetano Martins

Centro Universitário Sagrado Coração - giovanimts@hotmail.com

Izadora Rodrigues Bittencourt

izadora.bittencourt@gmail.com

Danilo Sinkiti Gastaldello

danilo.gastaldello@unisagrado.edu.br

Resumo

A Agenda 2030 da ONU fomenta a inovação tecnológica e a sustentabilidade para atingir os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, dentre eles, a redução das desigualdades. Dentro desse contexto, embora exista a crescente preocupação com a questão da inclusão social e acessibilidade, e a legislação brasileira garanta aos cidadãos o direito aos recursos da tecnologia assistiva, termo utilizado para identificar um conjunto de recursos e serviços que conseguem promover vida independente e inclusão aos cidadãos, é nítida a carência relativa à produção e pesquisa nacional nessa área de conhecimento. Este trabalho se desenvolveu, portanto, com a proposta de evidenciar a possibilidade de implementação de um sistema microcontrolado de fácil implantação, aplicado à domótica assistiva (uso de tecnologias da mecatrônica em ambiente residencial de maneira inclusiva), com o propósito de representar um item de auxílio para o cotidiano, promovendo autonomia e melhoria na qualidade de vida às pessoas com deficiência, mobilidade reduzida ou terceira idade, inserido em seu ambiente doméstico. O resultado foi a elaboração de um controle remoto desenvolvido para centralizar o controle de equipamentos eletroeletrônicos, como televisão, ar-condicionado e iluminação, atuando inclusive no reconhecimento de voz para realização de suas funções, resultando em um protótipo atribuído de grande potencial no que diz respeito a promoção de acessibilidade.

Palavras-chave: Acessibilidade. Domótica. Inclusão. Sistema Microcontrolado. Tecnologia Assistiva.

Microcontrolled System Applied to Assistive Home Automation

Abstract

The UN 2030 Agenda fosters technological innovation and sustainability to achieve the 17 Sustainable Development Goals, including reducing inequalities. Within that context, although there is growing concern about social inclusion and accessibility, and the Brazilian law guarantees citizens the right to the resources of assistive technology, expression used to identify a set of resources and services that can promote autonomy and inclusion for all citizens, it is clear the relative lack of national researches and production in this knowledge area. Therefore, this work was developed with the proposal to show the possibility of an easy deployment microcontrolled system, applied to assistive technology (use of mechatronics technologies in a residential environment in an inclusive manner), for the purpose of representing an assistance item for everyday life, promoting autonomy and quality of life improvement to people with some disability, reduced mobility or even seniors, inserted into your home environment. The result was the elaboration of a remote control developed to centralize the electronic equipment control, such as television, air conditioning and lighting, also acting on voice recognition to realize all functions, resulting in an assigned prototype of great potential concerning accessibility promotion.

Keywords: Accessibility. Home automation. Inclusion. Microcontrolled System. Assistive Technology.

1 Introdução

A corrente emergência da automação residencial, um dos objetos de estudo deste trabalho, pode ser analisada a partir de uma recapitulação histórica, como avanço decorrente do desenvolvimento dos sistemas de automação industrial e comercial, nesta ordem. No primeiro

caso, ligada as linhas de produção, e no segundo, relativo à automação de edifícios comerciais direcionados às áreas patrimoniais e institucionais (WORTMEYER; FREITAS; CARDOSO, 2005).

Os primeiros trabalhos relativos à domótica surgiram nos Estados Unidos no final da década de 1970, aplicados à módulos inteligentes, fazendo uso do conceito PLC (*Power Line Carrier*), em soluções que envolviam acionamentos remotos simples em situações pontuais, no controle de equipamentos e iluminação, por meio da rede elétrica da residência (MURATORI; BÓ, 2011).

Seu conceito constitui-se da automatização do controle aplicada às residências por meio de serviços e tecnologias integradas, seguindo uma conduta previamente estabelecida e suscetível a modificações (programável), desempenhando seu papel no auxílio da gestão e execução do desenvolvimento de eficiência, produtividade, economia, praticidade e rentabilidade, agindo na redução do trabalho doméstico, aumento do bem-estar, conforto, entretenimento, praticidade, segurança, racionalização do consumo de energia e promoção de acessibilidade, a partir de um sistema constituído desde simples sensores até centrais de automação mais elaboradas.

A tecnologia assistiva, por sua vez, compreende um termo novo que pode ser constituído de diferentes delineamentos, dependendo do país em que o tema é abordado. Em geral, diz respeito à toda cadeia de equipamentos, recursos, serviços e estratégias que tem por objetivo compreender métodos de potencialização do desempenho humano, desde atividades básicas e domésticas, até a atuação acadêmica e profissional, objetivando a promoção de inclusão e independência de pessoas com deficiência.

Portanto, a domótica assistiva pode ser definida como o uso de tecnologias e conceitos da mecatrônica aplicados em ambientes residenciais com intuito de melhorar o dia a dia de pessoas que possam se sentir excluídas, seja por idade ou alguma deficiência, que limite o seu desempenho nas atividades básicas diárias (BUNEMER, 2014).

Nesse contexto, a Organização das Nações Unidas (ONU), entre seus 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), propôs em 2015 aos seus países membros, na Agenda 2030, empoderar e promover a inclusão social, econômica e política de todos, independentemente da idade, gênero, deficiência, raça, etnia, origem, religião, condição econômica ou outra, com foco no desenvolvimento de novas tecnologias acessíveis e sustentáveis, até 2030.

Para tanto, é necessário desenvolver as ideias acerca das concepções da acessibilidade, compreendendo o compromisso com a promoção de uma sociedade que atende os

requerimentos funcionais e dimensionais de todos os seus indivíduos, considerando portanto, sua capacidade de percepção, comunicação, mobilidade, biótipo, entre outros aspectos que cada vez mais fazem necessária a implementação de um design universal, que compreenderá todos esses requisitos na estruturação de ambientes, produtos e processos que amparem a mais ampla variedade de pessoas.

Este trabalho, por sua vez, vem ao encontro dessa realidade para desenvolver um sistema automatizado microcontrolado, como uma tentativa prática de promover acessibilidade por meio das tecnologias vigentes disponíveis, propondo um ambiente que possibilite a utilização autônoma, com comodidade e segurança para todos.

2 Desenvolvimento

Neste Capítulo serão apresentados os aspectos relevantes da Agenda 2030, os conceitos de acessibilidade, de tecnologia assistiva, de automação residencial e um resumo sobre o protótipo desenvolvido.

2.1 Agenda 2030

Em 2015, a ONU propôs aos seus países membros uma agenda que compõe 17 objetivos para atingir o desenvolvimento sustentável em um prazo de 15 anos, a chamada Agenda 2030. Segundo a ONU (2015), os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável são um apelo global à ação para acabar com a pobreza, proteger o meio ambiente e o clima e garantir que as pessoas, em todos os lugares, possam desfrutar de paz e de prosperidade.

Os 17 objetivos possuem diversos outros objetivos ramificados de acordo com as ideias principais: erradicação da pobreza; fome zero e agricultura sustentável; saúde e bem estar; educação de qualidade; igualdade de gênero; água potável e saneamento; energia limpa e acessível; trabalho decente e crescimento econômico; indústria, inovação e infraestrutura; redução das desigualdades; cidades e comunidades sustentáveis; consumo e produção responsáveis; ação contra a mudança global do clima; vida na água; vida terrestre; paz, justiça e instituições eficazes e parcerias e meios de implementação.

Os ODS buscam assegurar os direitos humanos, acabar com a pobreza, lutar contra a desigualdade e a injustiça, alcançar a igualdade de gênero e o empoderamento de mulheres e meninas, agir contra as mudanças climáticas, promover a sustentabilidade nas cidades, entre outros desafios de nossos tempos.

O setor privado tem papel importantíssimo nesse processo devido aos fatos de ser o maior detentor de poder econômico, fornecer incentivo à inovação e desenvolvimento de novas tecnologias, e por ser influenciador de diversos públicos, principalmente governos e fornecedores. O setor público, no entanto, também possui papel fundamental no fomento a pesquisas de inovação e desenvolvimento de estudos visando a contribuição com melhorias e benefícios à sociedade.

O presente trabalho vem ao encontro do décimo objetivo, redução das desigualdades, incluindo também a inovação tecnológica e a sustentabilidade (Figura 1).

Figura 1 - Objetivo 10 dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU: Redução das Desigualdades.



Fonte: Organização das Nações Unidas (2015).

2.2 Acessibilidade

De acordo com a Declaração Universal dos Direitos Humanos – Artigo 1º: “Todos os seres humanos nascem livres e iguais em dignidade e direitos. São dotados de razão e consciência e devem agir em relação uns aos outros com espírito de fraternidade”.

Embora existam nos dias de hoje distintas conotações acerca do conceito de acessibilidade, sendo mais habitual a associação da palavra com o empenho na melhoria da qualidade de vida daqueles que sofrem maior impacto na utilização de diferentes ambientes, produtos e serviços, ou seja, os idosos e as pessoas com deficiência física, mental, visual, auditiva ou múltipla, o termo diz respeito à qualidade de vida de todos, que sob o delineamento de uma sociedade mais inclusiva, seriam beneficiados por espaços, serviços, produtos e processos que não distinguem as pessoas por sua habilidade, necessidade ou interesse variado (PUPO; MELO; FERRÉS, 2006).

Segundo Sasaki (2009), existem seis quesitos básicos que podem determinar uma sociedade acessível ou não, e que também possibilitam, se implementadas medidas de

acessibilidade de cada um desses quesitos em escolas ou empresas, por exemplo, a designação destas como inclusivas:

1. Acessibilidade Arquitetônica: Barreiras ambientais físicas nas casas, edifícios, espaços ou equipamentos urbanos e nos meios de transporte individuais ou coletivos são inexistentes;
2. Acessibilidade Comunicacional: Barreiras na comunicação interpessoal, escrita e virtual, compreendendo linguagem de sinais, textos em braile e utilização de computador portátil, são inexistentes;
3. Acessibilidade Metodológica: Barreiras nos métodos e técnicas de estudo, trabalho, ação comunitária ou educação dos filhos são inexistentes;
4. Acessibilidade Instrumental: Barreiras nos instrumentos de estudo, trabalho e lazer ou recreação são inexistentes;
5. Acessibilidade Programática: Barreiras invisíveis em políticas públicas e normas ou regulamentos são inexistentes;
6. Acessibilidade Atitudinal: Preconceitos, estigmas, estereótipos e discriminações não se fazem presentes.

2.3 Tecnologia Assistiva

A Tecnologia Assistiva é o termo utilizado para identificar um conjunto de recursos e serviços que conseguem promover vida independente e inclusão, como consequência de sua contribuição na disponibilização e ampliação de habilidades funcionais de pessoas com deficiência (BERSCH; TONOLLI, 2006 citado por BERSCH, 2017). Diz respeito, portanto, à pesquisa, fabricação e uso desses recursos ou estratégias, cuja aplicação abrange todos os níveis do desempenho humano, desde as atividades mais básicas envolvendo cuidados pessoais até a performance profissional (BRASIL, 2009).

Bersch (2017) acrescenta ainda que a Tecnologia Assistiva deve ser considerada um recurso que tem por finalidade promover a ampliação de uma habilidade funcional ou possibilitar a realização de uma atividade pretendida, que esteja prejudicada por razão de alguma deficiência ou pelo envelhecimento.

Para elaborar um conceito brasileiro de Tecnologia Assistiva foi realizada uma revisão no referencial teórico mundial, utilizando três termos como parâmetro: Ajudas Técnicas, Tecnologia Assistiva e Tecnologia de Apoio. Desta forma, foi possível constatar a utilização desse termo em distintos países, com predominância do termo *Assistive Technology* em países

de língua inglesa, *Ayudas Técnicas* em língua espanhola e Tecnologia de Apoio na tradução de Portugal para *Assistive Technology* (BRASIL, 2009).

Segundo Brasil (2009), os conceitos de ajudas técnicas vigentes na legislação brasileira deram auxílio para o início dessa base de formulação conceitual, destacando-se o Decreto nº 3.298 de 1999 e nº 5.296, de 2004.

A partir da análise dos documentos nacionais e internacionais, se torna nítida a necessidade de conhecimento dos modelos existentes para a classificação da Tecnologia Assistiva, além de se tornar evidente que a compreensão conceitual acerca do assunto é abrangente, pois a Tecnologia Assistiva pode ser entendida como a utilização de um estudo traduzido em uma técnica, procedimento, metodologia ou recurso específico, que tem por finalidade proporcionar ou ampliar o desempenho necessário na realização de atividades fundamentais por uma pessoa com deficiência ou alguma incapacidade (BRASIL, 2009).

Embora etapas importantes tenham sido alcançadas, e a legislação brasileira assegure o direito do cidadão brasileiro aos recursos da tecnologia assistiva, ainda existe um déficit na consolidação dessa área do conhecimento, encontrando-se em estágio inicial os incentivos à pesquisa e sua produção nacional (BERSCH, 2017).

2.4 Automação Residencial

Embora o termo Automação Residencial, que provém da tradução literal da denominação americana *Home Automation*, seja largamente empregado no Brasil na classificação de sistemas tecnológicos integrados, que tem por objetivo servir de instrumento na promoção de segurança, comunicação, gestão energética e conforto em uma residência, deve-se preferir nessa conjuntura a designação de origem europeia, Domótica, que de forma mais abrangente inclui entre suas faculdades sistemas de comunicação e sonorização (MURATORI; BÓ, 2011).

Muratori e Bó (2011) apresentam uma definição satisfatoriamente completa de Domótica, obtida nas publicações da *Asociación Española de Domótica* (Cedom):

Domótica é a automatização e o controle aplicados à residência. Esta automatização e controle se realizam mediante o uso de equipamentos que dispõem de capacidade para se comunicar interativamente entre eles e com capacidade de seguir as instruções de um programa previamente estabelecido pelo usuário da residência e com possibilidades de alterações conforme seus interesses. Em consequência, a domótica permite maior qualidade de vida, reduz o trabalho doméstico, aumenta o bem-estar e a segurança, racionaliza o

consumo de energia e, além disso, sua evolução permite oferecer continuamente novas aplicações (MURATORI; BÓ, 2011, p.1).

Um dos principais desafios na implantação de sistemas automatizados por parte dos projetistas e instaladores é realizar esta integração entre os sistemas, trabalho dificultado pela gama de produtos lançados separadamente no mercado, fazendo necessário seu controle individual (WORTMEYER; FREITAS; CARDOSO, 2005).

Outra dificuldade frequentemente encontrada é a infraestrutura inadequada, que desagregará valor mesmo em uma tecnologia de última geração, podendo culminar em situações e desempenho indesejado por parte do conjunto instalado. Portanto, é de boa prática que a infraestrutura seja prevista nos orçamentos iniciais das obras de incorporação de qualquer sistema voltado à domótica (WORTMEYER; FREITAS; CARDOSO, 2005).

No entanto, a área de automação residencial cresceu bastante nos últimos tempos, e desenvolvedores de software vem aprimorando as interfaces com os usuários e com o auxílio do avanço tecnológico vem tornando cada vez mais comum a utilização da automação com foco no conforto e segurança, necessitando maiores investimento com a temática assistiva (SILVA; DUARTE; LUZ, 2014).

2.5 Protótipo

O objetivo geral deste trabalho foi desenvolver um sistema microcontrolado aplicando conceitos da Domótica Assistiva, de forma a proporcionar mais autonomia e qualidade de vida às pessoas com deficiência, mobilidade reduzida ou terceira idade em seu ambiente doméstico. Os microcontroladores são sistemas computacionais compactos e com custo acessível, que atendem a proposta de automação de processos residenciais, vindo de encontro aos conceitos de mecatrônica, domótica e tecnologias assistivas (BOLTON, 2008).

Foi desenvolvido o modelo de um sistema que pode ser inserido em um cômodo residencial. O cômodo escolhido para implementação do sistema foi um quarto de dimensões 3,00m x 3,00m x 3,50 m, que possui uma televisão de 32” da marca LG (modelo 32LK61), um ar-condicionado da marca LG (modelo TSNC 092WKW0) e um ventilador de teto com um ponto de luz embutido.

O sistema foi projetado e organizado para operar com dois equipamentos principais: um controle remoto e um módulo de controle de iluminação. A função do controle é manipular e se comunicar com o módulo responsável pelo controle de iluminação, localizado próximo a seu elemento de controle (lâmpada) e responsável por sua atuação direta, além de integrar os

circuitos responsáveis pelo tratamento de comando de voz e realizar o controle da televisão e ar-condicionado remotamente.

O circuito do controle remoto foi constituído de um microcontrolador, no qual foi centralizado todo o gerenciamento do sistema, um módulo embutido de reconhecimento de voz, que foi programado para reconhecer os comandos realizados pelo usuário a partir da fala, um circuito de chaveamento de um *LED* infravermelho, para comando da televisão e ar condicionado remotamente, um módulo de rádio frequência, responsável pela comunicação com o módulo de controle de iluminação, uma chave *joystick* de 3 eixos, que permite a manipulação do sistema pelo usuário e um display *LCD* de 2 linhas e 16 colunas alfanumérico, que realiza a interface entre o usuário e o equipamento.

O microcontrolador escolhido para ser utilizado no controle remoto foi o PIC16F877A da *Microchip*, por fazer parte de um segmento que apresenta baixo custo e modelos que possuem grande variedade de recursos, podendo atender à mais variada gama de projetos. O modelo em questão possui 40 pinos, 32 deles podendo ser utilizados como I/O, 8 conversores analógico/digital com resolução de 10 *bits*, protocolo *I2C* e *SPI*, dois *timers* de 8 *bits*, um *timer* de 16 *bits*, interface *USART* para comunicação serial, 368 *Bytes* de memória de dados *SRAM*, 256 *Bytes* de *EEPROM*, além de outros recursos que se apresentaram suficientes para a aplicação em questão (MICROSHIP, 2003).

O circuito do módulo de controle de iluminação foi constituído de um microcontrolador, para controle dos periféricos, um módulo de radiofrequência, responsável por estabelecer comunicação com o controle remoto, um relé de acionamento a 5V, direcionado ao acionamento da lâmpada, um interruptor NA, que possibilita ao usuário também o acionamento manual da lâmpada, entre outros componentes eletrônicos que auxiliaram no funcionamento do *hardware* descrito.

Para facilitar algumas tarefas no sistema proposto, foi escolhido o uso por comando de voz, uma vez que é uma área que engloba tecnologias em constante crescimento e que possui uma grande variedade de sistemas disponíveis no mercado com diferentes níveis de complexidades (COSTA, 2013). O módulo de reconhecimento de voz utilizado foi da marca *Geeetech*. O módulo faz o reconhecimento de vozes e palavras, podendo transmitir os dados recebidos para um microcontrolador via interface *UART*. Este foi o módulo de reconhecimento de voz de menor preço encontrado no mercado, e que foi utilizado para receber comandos do usuário para gerenciamento dos equipamentos contidos no cômodo: pontos de luz, ar-condicionado e televisão.

Com esse dispositivo é possível realizar o armazenamento de 15 comandos de voz, divididos em 3 grupos de 5 comandos que devem ser acessados individualmente cada vez que se faz necessário realizar o reconhecimento de uma palavra que esteja em outro grupo. A programação do módulo deve ser realizada antes da inserção do dispositivo no sistema microcontrolado desejado, e pode ser feita a partir de um monitor serial que possibilite o envio de comandos (GEEETECH, 2014). Para a aplicação desenvolvida foi utilizado apenas os 5 comandos do grupo 1 do módulo de reconhecimento de voz, e as palavras gravadas foram:

- “FRIO” – Primeiro comando do grupo 1, que será utilizado toda vez que o usuário quiser informar ao sistema que ele está com frio, e deseja que a temperatura do ar-condicionado seja aumentada.
- “CALOR” – Segundo comando do grupo 1, que será utilizado toda vez que o usuário quiser informar ao sistema que ele está com calor, e deseja que a temperatura do ar-condicionado seja diminuída.
- “LUZ” – Terceiro comando do grupo 1, que será utilizado sempre que o usuário desejar ligar ou desligar o ponto de luz central do quarto
- “TELEVISÃO” – Quarto comando do grupo 1, que será utilizado sempre que o usuário desejar ligar ou desligar a televisão.
- “AR” – Quinto e último comando do grupo 1, que será utilizado sempre que o usuário desejar ligar ou desligar o ar-condicionado do quarto.

Para a utilização do módulo é indispensável o auxílio de um microfone, além disso, para obter um melhor aproveitamento do dispositivo é necessário ter em mente que a poluição sonora é fator predominante no rendimento do sistema no que diz respeito a detecção das palavras. É indicado, portanto, que sejam escolhidas palavras de tamanho e sonoridade tão diferentes quanto possível, para evitar reconhecimentos falsos. Outro fator importante é que o módulo reconhece não só as palavras, mas também a característica vocal do locutor, sendo assim, para a aplicação em questão somente um locutor poderá controlar o sistema via comandos de voz.

Para o desenvolvimento de um circuito de controle remoto infravermelho que controlasse o ar-condicionado e a televisão, foi realizado um estudo acerca do protocolo de comunicação dos controles remotos destes equipamentos. Pouco material foi encontrado como referência para a aplicação utilizando microcontroladores, métodos e ambientes de desenvolvimento para programação que não fossem integrados à plataforma *Arduino*, portanto, foi utilizado um sensor receptor infravermelho de modelo t11838 (VISHAY, 2000) e a plataforma de prototipagem *Arduino Uno R3*, com o intuito de realizar o reconhecimento dos comandos enviados pelo controle remoto que acompanha os produtos que se desejou controlar,

possibilitando sua posterior reprodução utilizando o microcontrolador desejado e um *LED* emissor infravermelho (ARDUINO, 2013).

O reconhecimento dos comandos desejados pela plataforma mencionada foi realizado coletando os dados diretamente dos objetos de estudo em questão, ou seja, o controle remoto da televisão e do ar-condicionado a serem controlados. Para isso, foi montado um circuito utilizando o *LED* receptor mencionado, e apontando os controles para o componente e pressionando a tecla que se desejava saber o comando, foi possível obter os dados necessários pelo monitor serial da própria interface do *Arduino*. Após a recepção desses dados, via porta serial, foi constatado que os comandos enviados por esses controles são estruturados em vetores, de 59 posições no caso do controle do ar-condicionado, e de 71 posições no caso do controle da televisão, ambos constituídos de variáveis de 16 *bits*, que indicarão os tempos, em microssegundos, que o *LED* emissor infravermelho permaneceu ligado ou desligado.

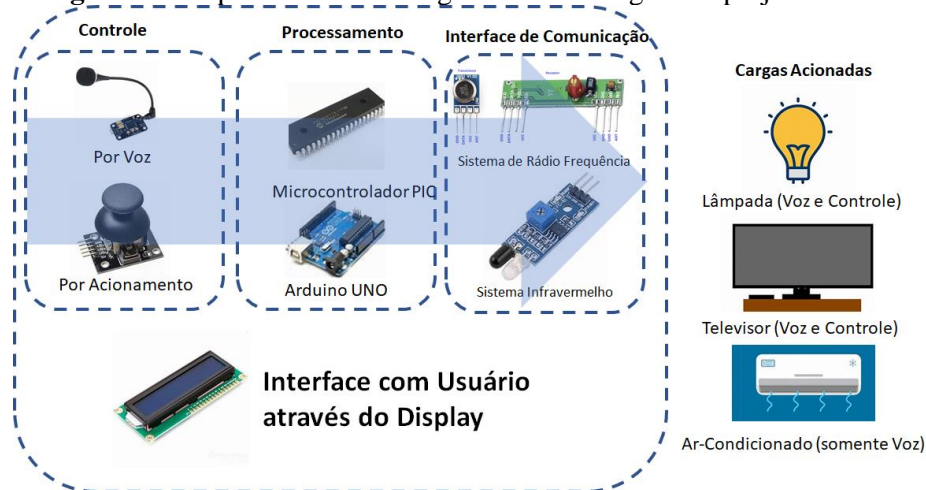
A maneira escolhida para estabelecer um meio de comunicação sem fio para o sistema de Domótica Assistiva proposto foi via radiofrequência, fazendo uso do módulo RF transmissor e receptor, típicos componentes utilizados nos mais diversos sistemas de controle remoto, alarme e robótica, que realiza modulação AM e podem alcançar até 200 metros de alcance sem obstáculos, com frequência de trabalho de 433 MHz.

O módulo de controle de iluminação projetado receberá informações do circuito principal, que é o controle remoto assistivo, portanto, o módulo RF receptor foi instalado no circuito de controle da lâmpada. O funcionamento deste componente se dá pela recepção de comandos por radiofrequência, nesse caso provindos do controle remoto, e seguidamente pelo envio dos dados obtidos via interface serial, pelo pino “*data*” presente no *hardware*.

Neste caso, o pino “*data*” do módulo foi conectado a um pino de recepção serial do PIC12f1572, ao qual cabe a interpretação dos dados recebidos e tratados pelo módulo receptor RF, além a manipulação do estado de energização da lâmpada.

Ao microcontrolador também caberá a leitura de uma entrada digital, ao qual será ligada um interruptor, simulando o interruptor da lâmpada, e que possibilitará a qualquer usuário do sistema ligar e desligar a lâmpada também da maneira convencional. Independentemente da posição do interruptor, cada vez que está for alterada, o estado de energização da lâmpada também será. A Figura 2 a seguir apresenta um esquemático do fluxograma metodológico proposto do projeto.

Figura 2 – Esquemático do fluxograma metodológico do projeto.



Fonte: Elaborado pelos autores.

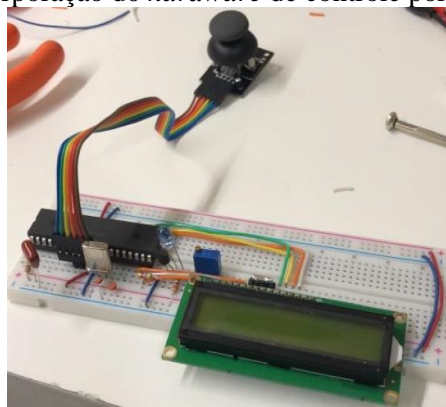
3 Resultados e Discussão

Cada aplicação citada anteriormente foi separadamente desenvolvida e submetida à ensaios em bancada, a fim de isolar possíveis problemas e inconsistências como não reconhecimento das palavras pelo sistema de voz, ou então, a comunicação dos botões e acionamentos dos sensores e dispositivos, ou mesmo a falta de alimentação devido algum cabeamento mal conectado, estes ensaios por partes, faz parte de metodologia padrão no desenvolvimento de projetos maiores, uma vez que os módulos devem funcionar separadamente, antes de serem colocados todos juntos, o que protege o resultado final do projeto. Desta forma, foi necessário fazer uma integração lenta e gradativa de cada funcionalidade implementada.

A primeira agregação realizada foi entre o *software* responsável pelo controle da televisão e o do ar-condicionado, que a princípio foram desenvolvidos separadamente, mesmo possuindo o mesmo princípio de funcionamento e *hardware*. Houve cuidado na hora da integração em questão porque, embora seja praticamente a mesma aplicação, os tratamentos dos comandos relativos a cada equipamento diferem, principalmente por conta da alteração do tamanho do vetor que carrega os tempos correspondentes ao chaveamento do *LED* infravermelho.

Para validação da primeira etapa foi desenvolvido um circuito em protoboard, utilizando sistemas cabeados com a finalidade de se conectar e controlar os equipamentos. Posteriormente, foi necessário incluir no sistema uma maneira de manipulação que não fosse por meio de cabos improvisados, já visando a facilidade de mobilidade proposta nas temáticas abordadas relativas à acessibilidade (Figura 3).

Figura 3 - Incorporação do *hardware* de controle por radiofrequência.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Tendo como referência os mouses especiais desenvolvidos como recursos que promovem acessibilidade no meio computacional, foi escolhido para integrar o sistema microcontrolado proposto uma chave manipuladora *Joystick* de 3 posições, anteriormente mencionada. Esta chave é composta de dois potenciômetros, dispostos nos eixos X e Y, que fazem possível a leitura da posição de cada eixo por meio de entradas analógicas do microcontrolador, e um botão disposto no eixo W, que não foi utilizado nesta aplicação, mas propicia por meio de uma saída digital o estado de acionamento deste eixo.

Com um *hardware* para controle desenvolvido e um método de manipulação do sistema incorporado, e com o intuito de dar formato inicial ao sistema, enquadrando-o dentro de um aspecto visivelmente manipulável por um usuário, foi acrescentado o *display* alfanumérico ao circuito, que realiza a interface entre o usuário e a aplicação.

Para consolidação desta interface, foram desenvolvidos menus (Figura 4) de orientação ao usuário, que especificam opções de controle de cada periférico controlado e o seu status atual, também manipulados a partir do *Joystick*. O *display LCD* é utilizado atualmente em diversas aplicações eletrônicas, como equipamentos industriais em geral e impressoras, e possui alta facilidade de incorporação, necessitando apenas de alguns pinos de um microcontrolador para realizar seu controle.

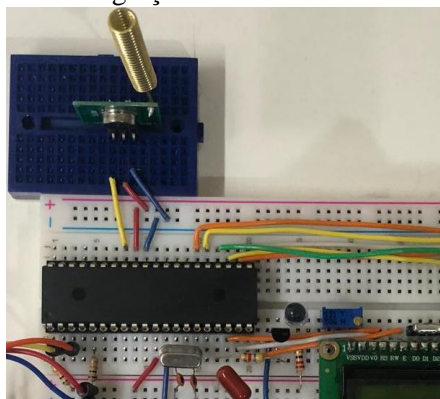
Figura 4 - Menu da temperatura do ar-condicionado em *display* de cristal líquido.



Fonte: Elaborado pelos autores.

O próximo periférico a integrar o sistema foi o circuito responsável pela transmissão de dados via radiofrequência, baseado em um circuito simples, através de ligações diretas com o microcontrolador (Figura 5). O módulo de transmissão funciona de maneira análoga ao de recepção, porém nesta aplicação é o microcontrolador que envia os dados serialmente para o módulo, que então modulará o dado desejado até o módulo receptor.

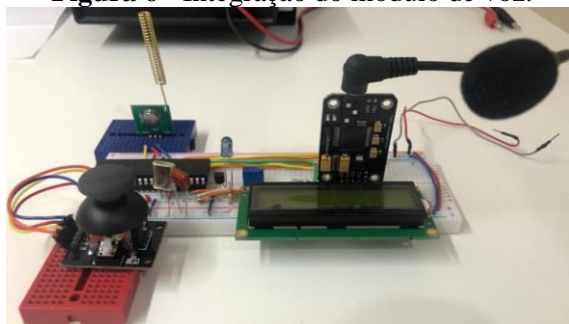
Figura 5 - Integração do módulo transmissor RF.



Fonte: Elaborado pelos autores.

O módulo de reconhecimento de voz foi o último periférico a ser integrado (Figura 6), concretizando a arquitetura planejada para o sistema microcontrolado proposto, e dispondo ao usuário um segundo meio de controle, além do *joystick*, que interage com o usuário por meio do *display LCD* e permite o manejo supervisionado dos equipamentos alvos da automatização.

Figura 6 - Integração do módulo de voz.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Como resultado da integração das diferentes aplicações desenvolvidas na evolução do sistema microcontrolado proposto, foi obtido um conjunto de controle e acionamento relativamente compacto e confiável, onde o usuário, possivelmente uma pessoa portadora de um comprometimento físico momentâneo ou permanente, tem acesso aos menus de controle automatizado de um quarto residencial, que dispõe de aparelho televisão, ar-condicionado e iluminação.

O usuário do sistema tem à sua disposição 6 menus de controle relativos ao ar-condicionado, televisão e lâmpada do cômodo residencial em questão, que poderão ser acionados pelo comando de voz apropriado, ou pelo manuseio do *Joystick*, tendo em conta que o acionamento de voz é destinado apenas à energização da lâmpada, ar-condicionado (bem como alteração da sua temperatura), e televisão, excluindo a possibilidade da mudança de canal e alteração do volume deste último equipamento.

Os diferentes menus podem ser acessados a partir do deslocamento horizontal do *Joystick*, portanto, a partir da movimentação para esquerda ou direita é possível avançar ou recuar para os seguintes itens do menu:

- Ar - Ligar/Desligar: Relativo à energização do ar-condicionado.
- Ar - Temperatura: Relativo à configuração da temperatura do ar-condicionado.
- Luz - Ligar/Desligar: Relativo à energização da lâmpada.
- Tv - Ligar/Desligar: Relativo à energização da televisão.
- Tv - Volume: Relativo à configuração de volume da televisão.
- Tv - Canal: Relativo à mudança de canal da televisão.

O deslocamento vertical do *Joystick* será responsável por qualquer alteração que o usuário deseje realizar dentro de algum dos menus. As movimentações para cima são encarregadas de incrementar as configurações, como por exemplo volume ou temperatura, ou de ligar o equipamento correspondente ao menu selecionado, caso o menu abranja essa função, enquanto movimentações para baixo são encarregadas de decrementar as mesmas configurações e desligar os equipamentos, seguindo a mesma linha de raciocínio.

O primeiro menu disponível logo após a inicialização do sistema é o de energização do ar-condicionado, onde é possível ligar e desligar o ar-condicionado com movimentos verticais no *Joystick* ou a partir do comando de voz “AR”. O *display* exibirá para o usuário o status atual do ar-condicionado.

No menu de configuração da temperatura do ar-condicionado, o usuário também será informado sobre a temperatura atual, podendo realizar alterações pela movimentação do *Joystick*, ou pelos comandos “FRIO”, quando o usuário desejar que a temperatura ambiente aumente, e “CALOR”, quando o usuário desejar que a temperatura ambiente diminua. Este menu será exibido somente quando o ar-condicionado estiver ligado.

O controle do ar-condicionado é a única aplicação na qual optou-se por descartar a utilização conjunta do controle remoto próprio do equipamento, por conta de o sistema desenvolvido já satisfazer as necessidades básicas necessárias para seu controle. Por conta

disso, é o único equipamento do qual as informações são atualizadas a cada acionamento, em tempo real, já que não haverá interferências externas ao controle remoto desenvolvido. A lâmpada e a televisão, por exemplo, podem ser acionadas pelo interruptor e pelo controle remoto que acompanha o equipamento, respectivamente, o que impossibilita uma previsão dos status de energização e configurações pertinentes a esses elementos.

O menu relativo à energização da lâmpada permite ao usuário, por meio do comando de voz “LUZ”, ou através da manipulação do *Joystick*, ligar ou desligar o ponto de luz exemplificado. Para este *hardware* também é possível a comutação da lâmpada através do interruptor convencional, como estabelecido no circuito do módulo de controle de iluminação.

Para os acionamentos relativos ao funcionamento da televisão, os controles funcionam da mesma maneira, a partir do acionamento vertical do *Joystick*, ou dos comandos de voz pertinentes a cada situação, que neste caso abrangerá apenas a energização da televisão (liga/desliga), a partir o comando de voz “TELEVISÃO”, nos menus de energização da televisão, configuração do volume da televisão e mudança do canal da televisão.

Embora para o controle do sistema a partir do *Joystick* seja necessário que o menu esteja selecionado coerentemente, o controle de voz foi programado para que, independentemente do menu selecionado, o usuário consiga realizar acionamentos a partir de comandos de voz em qualquer equipamento desejado, possibilitando o controle sem a necessidade de constante manipulação e visualização do controle físico desenvolvido.

A escolha das palavras para acionamento das diversas aplicações envolvidas no projeto foi realizada de forma a buscar a máxima diferenciação possível na sonoridade e tamanho, dentro das possibilidades lógicas particulares de cada equipamento, visando evitar que comandos fossem reconhecidos erroneamente, devido a correlação com a poluição sonora ambiente, além da precisão limitada na captação sonora do próprio módulo de reconhecimento de voz, em conjunto com o microfone utilizado, que embora tenham apresentado custo de aquisição relativamente alto, estabeleceram limites significantes no desenvolvimento deste trabalho.

Outro fator de relevante observação, desta vez envolvendo o circuito do controle remoto, a partir do *LED* infravermelho, é a posição estabelecida para o *LED* em questão, que deve ser estratégica, pois, assim como qualquer controle remoto utilizado em aparelhos televisores, ar condicionado, entre outros dispositivos eletroeletrônicos, é necessário que o *LED* seja minimamente direcionado para os equipamentos ao qual se deseja controlar, direcionamento este que dependerá diretamente do ângulo de abertura do *LED* infravermelho utilizado, e do circuito utilizado para chaveamento do mesmo.

Em consequência dos resultados produzidos, considerando os desafios e realizações envolvidas no processo de consolidação deste projeto, a partir do desenvolvimento do protótipo (Figura 7), obtêm-se um modelo de possível sistema baseado em um controle remoto assistivo microcontrolado.

Figura 7 - Resultado do controle assistivo.



Fonte: Elaborado pelos autores.

4 Conclusão

A vida dos cidadãos brasileiros tem sofrido drásticas alterações nos últimos anos, com o vertiginoso progresso obtido no desenvolvimento de novas tecnologias aplicadas à automação residencial, compreendendo conceitos da internet das coisas, eletrônica embarcada, eletrodomésticos inteligentes, entre outras áreas de estudo que tem apresentado avanços significantes. Somado a esses avanços, existe a crescente preocupação com a questão da inclusão social e acessibilidade, cujos temas se mostram em visível expansão dentro dos interesses recorrentes na sociedade brasileira, além de estarem contidos na legislação, que assegura o direito do cidadão aos recursos da tecnologia assistiva, e fazerem parte dos 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU, embora seja visível a escassez relativa à produção e pesquisa nacional nessa área de conhecimento.

Apesar de existir uma grande diversidade de equipamentos direcionados à automação residencial, sempre estão presentes os desafios na implantação desses projetos, principalmente na integração de produtos lançados separadamente no mercado, além das dificuldades relacionadas à necessidade de infraestrutura bem planejada, no que diz respeito à instalação elétrica, fator este difícil de ser considerado na maioria das residências brasileiras.

O intuito do projeto apresentado se mostra perceptível a partir da elaboração dos protótipos e dos resultados obtidos, que atribui à aplicação grande potencial de promoção de independência, além de denotar um produto que não distingue as pessoas por suas habilidades

ou necessidades, com o único propósito de representar um item de auxílio para o cotidiano, utilizando de um sistema relativamente simples e compacto, adaptável ao mais simples cômodo residencial, se neste a energia elétrica estiver devidamente estabelecida.

Dentre as possibilidades de implementação pode-se destacar a atribuição de mais elementos audiovisuais, como *LEDs* de orientação para os menus, incluindo etiquetas com imagens descritivas, *bips* de aviso ou até mesmo aplicações mais elaboradas, com assistente de voz que auxilie o usuário durante a utilização do sistema, não descartando a possibilidade de incluir também elementos táteis, como descrições das funções e menus em *braille*.

Além da ampliação dos elementos de interface para o sistema, faz-se também possível um estudo de viabilidade de implementação de outros recursos úteis e significativos ao controle do usuário, como acionamento de persianas, controle de iluminação por palmas, monitoramento da temperatura ambiente através de sensores, entre outros recursos que visem a facilitação de tarefas do cotidiano, além do controle do ambiente no qual o usuário se insere.

No que diz respeito ao circuito de reconhecimento de voz, um dos maiores entraves do projeto por conta da escolha do método de controle utilizado, através de um módulo de reconhecimento, é nítida a quantidade de possibilidades disponíveis para um controle utilizando métodos alternativos, principalmente envolvendo os recursos de voz presentes atualmente nos telefones celulares, que proporcionam uma série de novos recursos envolvendo controle a distância, inclusive.

Este trabalho se desenvolveu, portanto, com a proposta de evidenciar a possibilidade de implementação de um sistema microcontrolado de fácil implantação e acessível, aplicado à domótica assistiva, que se empenha na realização da promoção de autonomia e melhoria na qualidade de vida às pessoas com deficiência, mobilidade reduzida ou terceira idade, inserido em seu ambiente doméstico e seguindo os princípios de acessibilidade, automação e inovação tecnológica, os principais objetos de estudo desse trabalho.

REFERÊNCIAS

ARDUINO, **Arduino Uno**, 2013. Disponível em: Arduino UNO - Conheça o hardware da placa Arduino em detalhes (embarcados.com.br).

BERSCH, Rita. **INTRODUÇÃO À TECNOLOGIA ASSISTIVA**. 2017. Disponível em: <http://www.assistiva.com.br/Introducao_Tecnologia_Assistiva.pdf>. Acesso em: 12 maio 2019

BOLTON, William. **Mechatronics: A Multidisciplinary Approach**. 4. ed. England: Pearson Education Limited, 2008

BRASIL. Decreto nº 5296, de 2 de dezembro de 2004. **Decreto Nº 5.296, de 2 de dezembro de 2004**. Seção 6.

BRASIL. SUBSECRETARIA NACIONAL DE PROMOÇÃO DOS DIREITOS DA PESSOA COM DEFICIÊNCIA. (Brasil). **Tecnologia Assistiva**. Brasília: Corde, 2009. 138 p.

BUNEMER, R. **Domótica assistiva utilizando sistemas integrados de supervisão e controle**. 2014, 163f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Escola de Engenharia Mecânica, Faculdade Estadual de Campinas, Campinas, 2014.

COSTA, Anna Helena Reali. **Reconhecimento de Fala**. São Paulo, 2008.

GEEETECH, **Voice Recognition Module**, 2014. Disponível em: [http://www.elehouse.com \(geeetech.com\)](http://www.elehouse.com/geeetech.com)

MICROCHIP. **PIC16F87XA** Data Sheet: 28/40/44-Pin Enhanced Microcontrollers. Microchip Technology Inc, 2003. Disponível em: <http://ww1.microchip.com/downloads/en/devicedoc/39582b.pdf>.

MURATORI, José Roberto; BÓ, Paulo Henrique dal. Automação residencial: histórico, definições e conceitos. **O SETOR ELÉTRICO**, [s. L.], v. 1, p.70-77, abr. 2011. Disponível em: <https://www.oseletrico.com.br/capitulo-i-automacao-residencial-historico-definicoes-e-conceitos/>. Acesso em: 25 abr. 2019.

ONU, Organização das Nações Unidas. **Objetivos de Desenvolvimento Sustentável no Brasil**. 2015. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>. Acesso em: 28 abr 2019.

PUPO, Deise Tallarico; MELO, Amanda Meincke; FERRÉS, Sofia Pérez. **Acessibilidade: discurso e prática no cotidiano das bibliotecas**. Campinas, SP: Unicamp/biblioteca. Central Cesar Lattes, 2006. 91 p.

SASSAKI, Romeu Kazumi. Inclusão: acessibilidade no lazer, trabalho e educação. **Revista Nacional de Reabilitação (Reação)**. São Paulo, Ano XII, mar./abr. 2009, p. 10-16.

SILVA, Isac Marques da; DUARTE, Maurício; LUZ, Larissa Pavarini da. **Software de Automação e Gerenciamento Residencial**. Revista Eletrônica e-F@tec, v.4, 2014.

VISHAY, **Photo Modules for PCM Remote Control Systems**, 2000. Disponível em: TSOP1838 pdf, TSOP1838 description, TSOP1838 datasheets, TSOP1838 view ::: ALLDATASHEET :::

WORTMEYER, Charles; FREITAS, Fernando; CARDOSO, Líuam. Automação Residencial: Busca de Tecnologias visando o Conforto, a Economia, a Praticidade e a Segurança do Usuário. In: II SIMPÓSIO DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO E TECNOLOGIA – SEGET’2005, 2. 2005, Resende. **Anais**. Resende: Associação Educacional Dom Bosco – AEDB, 2005. p. 1064 - 1067.