



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CAMPUS DE SOBRAL
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

LARISSA SOUZA PEREIRA

PROJETO E EXECUÇÃO DE UM SISTEMA DE AUTOMAÇÃO
RESIDENCIAL UTILIZANDO TECNOLOGIA *CONTROL 4*®

SOBRAL – CE

2016

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

P492p Pereira, Larissa Souza.
Projeto e execução de um sistema de automação residencial utilizando tecnologia control 4 / Larissa Souza Pereira. – 2016.
73 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Campus de Sobral, Curso de Engenharia Elétrica, Sobral, 2016.
Orientação: Prof. Dr. Éber de Castro Diniz.
Coorientação: Profa. Ma. Janaina Barbosa Almada.

1. Automação residencial. 2. Control 4. 3. Zigbee. 4. Projeto. 5. Cenas. I. Título.

CDD 621.3

LARISSA SOUZA PEREIRA

**PROJETO E EXECUÇÃO DE UM SISTEMA DE AUTOMAÇÃO
RESIDENCIAL UTILIZANDO TECNOLOGIA *CONTROL 4®***

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação apresentado ao Departamento de Engenharia Elétrica, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do grau de Graduado em Engenharia Elétrica. Área de aplicação: Automação residencial, eficiência energética.

Orientador: Prof. Dr. Éber de Castro Diniz.

Co-Orientadora: Prof. Msc. Janaina Barbosa Almada.

SOBRAL – CE

LARISSA SOUZA PEREIRA

**PROJETO E EXECUÇÃO DE UM SISTEMA DE AUTOMAÇÃO
RESIDENCIAL UTILIZANDO TECNOLOGIA CONTROL 4®**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação apresentado ao Departamento de Engenharia Elétrica, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do grau de Graduado em Engenharia Elétrica. Área de aplicação: Automação residencial, eficiência energética.

Aprovada em: ____ / ____ / ____.

Prof. Dr. Éber de Castro Diniz (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Msc. Janaina Barbosa Almada (Co-orientadora)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

BANCA EXAMINADORA

~~Prof. Msc. Rômulo Nunes de Carvalho Almeida~~
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Engenheiro Francisco Amaury Rios Filho
Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Sobral (SAAE)

A Deus.

Aos meus pais, Amélia e Luís.

AGRADECIMENTOS

Em especial a Deus, por me manter sempre na sua fé. Ensinando-me que ter força e coragem é sempre a melhor resposta.

A minha família e todos que mandaram seus pensamentos positivos para a realização desse sonho.

A minha madrinha Jaqueline e meu grande amigo Aglesio que se fizeram presentes nestes cinco anos de alegrias e tristezas, sempre me incentivando e aconselhando.

Ao meu amigo Ramon, pelo ensinamento concedido ainda nos tempos de colégio, nunca esquecerei tudo que você pode me ensinar a desempenhar.

Ao meu orientador Eber pela amizade e por me indicar sempre o melhor caminho a seguir.

A minha Co-Orientadora Janaina, por toda amizade, dedicação e paciência para comigo, sempre de prontidão a ensinar.

A Universidade Federal do Ceará pela inigualável oportunidade de poder estar me formando e me tornando uma profissional capacitada.

Ao meu amigo e professor Juan Carlos, que sempre compartilhou suas histórias comigo e me aconselhou para o bem. Agradeço por ter me ensinado como ser uma verdadeira pesquisadora.

Aos meus professores de Graduação, Isaac Rocha, Rômulo Nunes, Marcus de Castro, Nilena Dias, Márcio Amora.

Aos meus grandes amigos de sempre e para sempre, Wagner, Denis, Bruno, Junior, Ionio (*In memoriam*), Rayane, Tamiris, Rosa, Isabele, Darcia, Beatriz, Ramiria, Patrícia.

A minha família Sobralense, Lara, Vítor, Ingrid, Geraldo, Bruna, Eli, Lilian, Marcos Pedrosa. Amigos aos quais levarei para sempre em meu coração. Obrigado por tudo, noites mal dormidas, conselhos, alegrias e etc.

Aos inseparáveis amigos de todas as disciplinas, Johnantan, Lucas Couto, Rafael Lima, Renato, William e Diego.

“Aqueles que conhecem vosso nome
confiarão em vós, porque, Senhor,
jamais abandonais quem vos procura.”

Salmo 09, 11.

“Pois a vitória de um homem
Às vezes se esconde
Num gesto forte que só ele pode ver”

(O rappa)

RESUMO

O surgimento da eletricidade proporcionou crescentes mudanças no mundo da tecnologia, dentre elas a chegada de tecnologias suscetíveis a modificar a forma de vida das pessoas. Conforme estes acontecimentos e a evolução dos telefones, as primeiras residências inteligentes manifestaram-se em meados do século XX, de forma bem pacata. Posteriormente com a grande aderência da sociedade a *smartphones* e *tablets* novos meios de desenvolvimento de projetos de automação residencial foram iniciados, proporcionando cada vez mais conforto, segurança e praticidade aos seus usuários. Com efeito, este trabalho tem como objetivo retratar o desenvolvimento e execução de um projeto referente a um sistema de automação residencial na Cidade de Juazeiro do Norte-CE. Utilizou-se controlador e módulo relé de tecnologia *control 4*® para desenvolvimento desse projeto. Três diferentes cenas com diversos dispositivos e artificios foram desenvolvidas de modo a mostrar a diversidade de possibilidades presentes na automação residencial. Fazendo uso de uma rede *Zigbee* para controle dos dispositivos da *control 4*®, decodificação em hexadecimal para controle em Infravermelho e da rede *Wifi*, foi possível a implementação das cenas através do *software composer*, assim o sistema referido operou de maneira esperada para as três situações de funcionamento da residência, acionamento com comando de voz, utilizando dispositivo móvel e com sensor de pressão. O potencial de um projeto de domótica é de grande tamanho, já que inúmeras cenas podem ser idealizadas empregando diferentes tecnologias com adesão de vários componentes.

Palavras-chave: Automação residencial, Control 4®, *Zigbee*, Projeto, Cenas, Dispositivos, Infravermelho.

ABSTRACT

The emergence of the electricity provided increasing changes in world technology, such as the appearance of sensitive technologies to change the life as we know. As these events and the evolution of analogical telephone system, the first home automation was demonstrated in the mid-twentieth century. Later with the appearance of smartphones and tablets new home automation projects developments has been developed, providing more and more comfort, safety and convenience to its users. Indeed, this work aims to show the development and implementation of a project of a home automation system at Juazeiro do Norte-CE. This system uses a central controller and a relay module manufactured by Control 4®. Three different scenes with different devices has been programmed to show the no number of possible applications. Using a Zigbee network to control Control 4® devices, decoding hexadecimal for Infrared control and using a Wifi network, all these devices and configuration are programmed at the Control4 Composer® development system, so that system has worked as expected for the three different scenes: voice control command, using mobile phone and pressure sensor device. The potential of a home automation project is large in size, since many scenes can be devised using different technologies with the membership of other several components.

Keywords: Residence automation, Control 4®, Zigbee, Project, Scenes, Device, Infrared.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Diagrama de funcionamento para um sensor de presença	21
Figura 2 – Sistema de aquecimento solar para residências	22
Figura 3 – Sistema de iluminação residencial automatizado.....	25
Figura 4 – Possíveis dispositivos controláveis no sistema de Home Theater	26
Figura 5 – Controle de persianas e cortinas.....	27
Figura 6 – Controle de segurança utilizando domótica	28
Figura 7 – Controlador EA-3.....	29
Figura 8 – Módulo Relé.....	29
Figura 9 – Dispositivo VoicePod	30
Figura 10 – Eficiência luminosa para diversos tipos de lâmpadas	31
Figura 11 – Modelo de <i>tecladimmer</i>	33
Figura 12 – Funcionamento de um canal <i>half-duplex</i>	37
Figura 13 – Distribuição de camadas da rede <i>Zigbee</i>	39
Figura 14 – Estrutura dos dispositivos de rede.....	40
Figura 15 – Planta baixa da residência com seus respectivos circuitos de iluminação	42
Figura 16 – Ambiente inicial de programação do <i>softwarecomposer 2.8.2</i>	43
Figura 17 – Ambiente inicial de programação para o dispositivo <i>tecladimmer</i>	44
Figura 18 – Pulso na tecla dois do <i>tecladimmer</i>	46
Figura 19 – Funcionamento da cena 1 acionada por <i>tecladimmer</i>	46
Figura 20 – Cena de recepção acionada por comando de voz.....	47
Figura 21 – <i>Navigator</i> de controle do tablet.....	48
Figura 22 – Cena acionada por dispositivo móvel (Sala de jantar).....	49
Figura 23 – Cena acionada por dispositivo móvel (Quarto).....	49
Figura 24 – Ambiente residencial antes da ativação do sensor de pressão	50
Figura 25 – Ambiente residencial pós-ativação do sensor de pressão	51

Figura 26 – Funcionamento da rede utilizada	52
---	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 – Evolução de adoção de algumas tecnologias.....	19
Tabela 02 – Relação entre nível de luminosidade, potência e vida útil da lâmpada	32
Tabela 03 – Comparativo entre tecnologias sem fio	35
Tabela 04 – Alocação de canais e bandas nos diferentes locais.....	37
Tabela 05 – Determinação de canais e bandas nos diferentes locais.....	37
Tabela 06 – Especificação de cargas do projeto.....	44
Tabela 07 – Cenas desenvolvidas no <i>tecladimmer</i>	45
Tabela 08 – Valor monetário do projeto.....	52

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AES	Padrão de Criptografia Avançada (<i>Advanced Encryption Standard</i>)
APS	Suporte de Aplicação (<i>Application Support</i>)
BPSK	Modulação por Deslocamento de Fase (<i>Binary Phase Shift Keying</i>)
DSSS	Sequência Direta de Espalhamento do Espectro (<i>Direct Sequence Spread Spectrum</i>)
GHz	Giga Hertz
GTS	Garantindo o Slot de Tempo (<i>guaranteed times slot</i>)
Hz	Hertz
IEEE	Instituto dos Engenheiros Eletricistas e Eletrônicos (<i>Institute of Electrical and Electronic Engineers</i>)
IP	Protocolo de Internet
IR	Infravermelho
ISM	Industrial, Científica e Médica (<i>Industrial, Scientific and Medical</i>)
ISO	Organização Internacional para Padronização (<i>International Organization for Standardization</i>)
LAN	Área de Rede Local
Mbps	Mega bit por segundo
MHz	Mega Hertz
OSI	Interconexão de Sistemas Abertos (<i>Open System Interconnection</i>)
PAN	<i>Personal Area Network</i>
W	Watt
Wifi	Fidelidade sem fio (<i>Wireless Fidelity</i>)
WPAN	Redes Pessoais sem Fio (<i>Wireless Personal Area Network</i>)
ZDO	Objeto Dispositivo Zigbee (<i>ZigBee Device Objects</i>)

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	18
1.1 Objetivos da automação residencial	19
1.2 Aplicações da automação residencial	20
1.3 Automação e eficiência energética	20
1.4 Objetivos do trabalho	22
1.5 Estrutura do trabalho	22
2 ELEMENTOS NECESSÁRIOS A REALIZAÇÃO DE UM PROJETO DE AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL	24
2.1 Sistemas que podem ser inclusos no projeto integrado de automação residencial	24
<i>2.1.1 Sistema de iluminação</i>	<i>24</i>
<i>2.1.2 Sistema de sonorização</i>	<i>25</i>
<i>2.1.3 Sistema de climatização</i>	<i>26</i>
<i>2.1.4 Controle de persianas, cortinas e toldos</i>	<i>26</i>
<i>2.1.5 Segurança</i>	<i>27</i>
<i>2.1.6 Controle de jardim</i>	<i>28</i>
2.2 Elementos utilizados para compor um projeto de automação residencial	28
<i>2.2.1 Controlador EA-3</i>	<i>28</i>
<i>2.2.2 Módulo Relé</i>	<i>29</i>
<i>2.2.3 VoicePod</i>	<i>29</i>
<i>2.2.4 Módulo Dimmer</i>	<i>30</i>
<i>2.2.5 Teclado configurável</i>	<i>32</i>
<i>2.2.6 Tecladimmer living</i>	<i>32</i>
<i>2.2.7 Sensores</i>	<i>33</i>
<i>2.2.7.1 Sensor de presença</i>	<i>33</i>
<i>2.2.7.2 Sensor de movimento</i>	<i>34</i>
<i>2.2.7.3 Sensor de temperatura</i>	<i>34</i>

3 TECNOLOGIA ZIGBEE	35
3.1 Rede Zigbee	35
3.2 O IEEE 802.15.4	36
3.2.1 O Zigbee Stack	36
3.2.1.1 Camada física (PHY).....	36
3.2.1.2 Camada de controle de acesso de mídia (MAC).....	38
3.2.1.3 Camada de rede (NWK)	38
3.2.1.4 Camada de aplicação (APL)	39
3.3 Características da rede Zigbee	39
3.4 Componentes de uma rede Zigbee	40
3.5 Tipos de dispositivos de rede	40
3.5.1 Coordenador	40
3.5.2 Roteador	41
3.5.3 Dispositivo final.....	41
3.6 Topologias da rede Zigbee	41
4 ESTUDO DE CASO	42
4.1 Acionamento de cena através de comando de voz	47
4.2 Acionamento de cena através de dispositivo móvel	47
4.3 Acionamento de cena através de sensor de pressão	50
4.4 Funcionamento da rede	51
4.5 Valor monetário do projeto	52
5 CONCLUSÃO	53
5.1 Trabalhos futuros	53
REFERÊNCIAS	54
APÊNDICE A – PROGRAMAÇÃO DA CENA ATIVADA POR COMANDO DE VOZ	58
APÊNDICE B – PROGRAMAÇÃO DA CENA ATIVADA POR TECLADIMMER	59
APÊNDICE C – PROGRAMAÇÃO DA CENA ATIVADA POR TABLET	62

APÊNDICE D – PROGRAMAÇÃO DA CENA ATIVADA POR SENSOR DE PRESSÃO63

1 INTRODUÇÃO

Automação é definida como um sistema que aplica processos automáticos que gerenciam e comandam os mecanismos para seu próprio funcionamento. Tem origem do latim *automatus* que significa mover-se por si. logo, consiste em um sistema que utiliza técnicas computadorizadas ou mecânicas com finalidade de dinamizar e aperfeiçoar todos os processos produtivos dos mais variados setores da economia. Ao longo dos anos, a automação pode expandir-se para diversas áreas, dentre elas a automação residencial ou domótica (SILVEIRA, 2010).

A automação residencial teve origem baseada na automação industrial, mais precisamente com a origem do CLP (Controlador Lógico Programável) na década de 60 e da tecnologia PLC (Power Line Carrier) nos anos 70. A partir daí surgiram os primeiros módulos aplicados a domótica. Como os CLP possuíam um tamanho que não cabia nas residências, muitas empresas foram instigadas a desenvolver centrais de comando que pudessem ser comportadas nas diversas casas (TURUEL, 2008).

Automação residencial é definida como um sistema que proporciona a integração do sistema e do usuário, onde é possível a inclusão de diversos dispositivos de residências, apartamentos e escritórios. É possível realizar o controle do sistema de iluminação, ar condicionados, *home theater*, cortinas, persianas e segurança, obtendo economia, conforto e segurança (JÚNIOR LINS, 2013). A partir da evolução dos dispositivos eletrônicos, *smartphones* em grande maioria, a domótica passou a gerenciar todos os equipamentos, que antes eram controlados individualmente, em um único aparelho.

Domótica é a composição de serviços propiciados por sistemas tecnológicos integrados como o melhor meio de contentar as exigências de segurança, comunicação, gestão energética e conforto de uma habitação (MURATORI; DAL BÓ, 2007). Assim, é possível uma aplicação conjunta da eletricidade, da eletrônica e das tecnologias da informação no ambiente residencial (LINS; MOURA, 2009).

Quando você combina automação residencial, dispositivos e uma rede de comunicação é possível obter uma Smart Home elegante e moderna que pode ser facilmente controlada através de um smartphone, tablet ou computador [...] (TUOHY, 2015, p.1).

Verificando-se a prosperidade do mercado de Automação Residencial no Brasil no decorrer da última década através de diferentes vertentes, foram encontrados avanços e novas tecnologias que merecem ser aprofundadas. (MURATORI, 2013).

No intuito de prover soluções customizadas de tecnologia para automação residencial, um grande número de integradores estão revelando-se para preencher o espaço no mercado. O mercado da automação residencial é crescente no mundo, inclusive, no Brasil, aqui as empresas deste setor estão dispersas pelo país nas cidades mais desenvolvidas. (BOECHAT, 2015).

Para os próximos anos, é esperado que a utilização de sistemas residenciais inteligentes aumente até três vezes. Para cimentar esta estatística, a sinergia encontra-se entre as principais soluções de momento que devem pleitear para este crescimento, como segurança residencial, gerenciamento de energia, cuidados domésticos com a saúde e aumento do uso de mídia centers. Assim, a Tabela 1 abaixo evidencia a evolução total das características de várias tecnologias utilizadas nas residências inteligentes (FERREIRA, 2015).

Tabela 1 – Evolução total de algumas tecnologias ao longo de cinco anos

Tecnologia	2003	2004	2005	2006	2015
Cabeamento estruturado	42%	61%	49%	53%	80%
Monitoramento de segurança	18%	28%	29%	32%	81%
Multiroom áudio	9%	12%	15%	16%	86%
Home Theater	9%	8%	11%	12%	86%
Controle de iluminação	1%	2%	6%	8%	75%
Automação integrada	0	2%	6%	6%	70%
Gerenciamento de energia	1%	5%	11%	11%	62%

Fonte: NAHB Research Center (2016)

1.1 Objetivos da automação residencial

Os desígnios da automação residencial são inúmeros, dentre eles os mais eficientes e acessíveis como, segurança, conforto, praticidade, economia e valorização do imóvel, todas essas qualidades se reúnem para facilitar o dia a dia do usuário e deste modo, proporcionar uma melhor qualidade de vida (GUERRA, 2006).

Verifica-se como principal fator que descreve uma instalação residencial automatizada a associação entre os sistemas coligado à capacidade de exercer funções e comandos por meio de instruções programáveis. A integração deve abranger todos os sistemas tecnológicos da residência (MURATORI; BÓ, 2007), logo:

- Sistema de segurança: alarmes de intrusão, alarmes técnicos (fumaça, vazamento de gás, inundação), circuito fechado de TV, monitoramento, controle de acesso;
- Sistemas de comunicações: telefonia e interfonia, redes domésticas, TV por assinatura;
- Instalação elétrica, que compreende: iluminação, persianas e cortinas, gestão de energia e outros;

1.2 Aplicações da automação residencial

A automação se aplica hoje em diversos cenários, dentre eles casas e prédios, trazendo consigo cada vez mais conforto e segurança para seus usuários, essas vantagens são possíveis mediante as suas principais particularidades (GUERRA, 2006):

- Sistemas de Alarme;
- Controle de Ar condicionado;
- Acesso através de biometria;
- Home Theater;
- Luzes que acendem e apagam automaticamente;
- Circuitos fechados de TV;
- Irrigação de plantas e jardins;
- Assistência médica via internet;

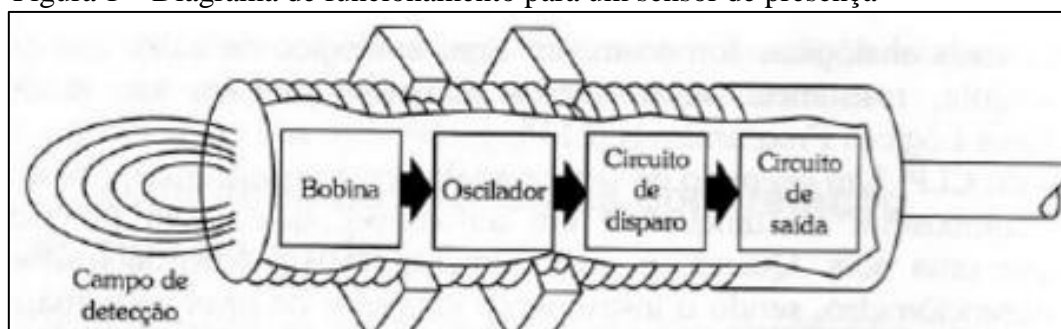
1.3 Automação residencial e eficiência energética

Nas últimas décadas, às questões ambientais se tornaram cada vez mais importantes, tornando a preservação dos recursos naturais um assunto decisivo para diversos setores da sociedade. Hoje, as empresas, sejam elas multinacionais ou pequenas redes de supermercados, procuram maneiras de vincular a sua imagem institucional a elementos ligados à sustentabilidade. A fim de contribuir com esse

aspecto e com a diminuição do consumo de energia elétrica, a automação residencial surge de forma promissora na área da eficiência energética (PEREIRA *et al.*, 2016).

Segundo Lozzer (2012), os sistemas de domótica podem introduzir vários métodos para minimizar os gastos com energia elétrica. Uma prática corriqueira e simples é que lâmpadas que estiverem acesas sem necessidade podem ser desligadas e assim contribuem para a redução do consumo de energia elétrica em uma residência, sensores são utilizados para isso. No entanto, estes sensores devem ser aplicados corretamente, uma vez que podem existir diversas situações em que ocorre o acionamento ou desligamento indevido. A Figura 1 identifica o princípio de funcionamento de um sensor de presença.

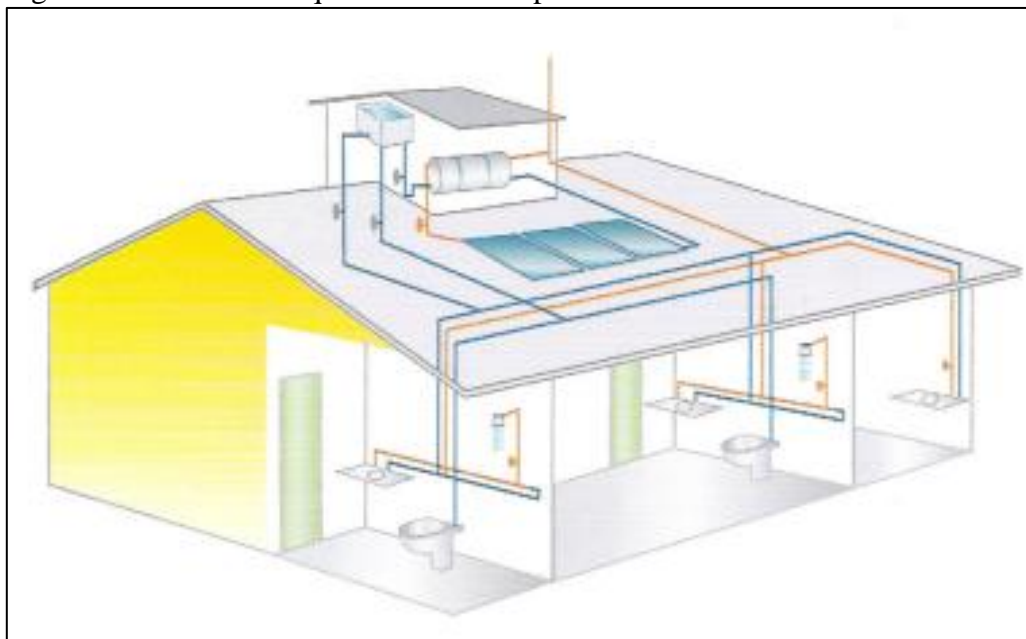
Figura 1 – Diagrama de funcionamento para um sensor de presença



Fonte: Alievi (2008)

Outra contribuição da automação é o uso de aquecedores solares para residências, através da utilização de placas coletoras responsáveis por aquecerem a água que escoam pelo seu interior e pelo boiler, ou caldeira, que a armazenam para uso futuro. Neste contexto, a automação residencial auxilia muito o sistema de aquecimento solar através da instalação de um programador horário que irá habilitar e desabilitar o apoio elétrico do boiler, possibilitando o acionamento das resistências nos instantes em que a água não se encontra quente o suficiente para o usuário utilizar. Esses aquecedores são instalados geralmente em cima das residências, buscando o melhor ponto de captura da radiação solar, conforme mostra a Figura 2.

Figura 2 – Sistema de aquecimento solar para residências



Fonte: Andrade *et al.*, (2014)

1.4 Objetivos do trabalho

O presente trabalho tem como objetivo o estudo dos conceitos da domótica, conjuntamente com a projeção e implementação de um sistema de automação residencial fazendo uso de tecnologia *control 4®* na Cidade de Juazeiro do Norte no Ceará. Serão apresentados os principais dispositivos necessários ao projeto, possibilitando a produção de diversas situações diárias para o usuário. As formas de comunicação de informações e dados empregada para o sistema foram: *Zigbee*, *Wifi* e *Infravermelho*. O projeto desenvolvido será composto por sistema de iluminação, sistema de sonorização, controle de ar condicionado, *Home Theater* e cortinas. Serão apresentadas três diferentes técnicas de montagem e execução, bem como o custo benefício do projeto.

1.5 Estrutura do trabalho

Este trabalho é constituído de cinco capítulos, onde o primeiro enfatiza a introdução à automação residencial, apresentando seus conceitos primordiais, campos de aplicação e utilidades. Além disso, serão explicitados os objetivos do trabalho.

O segundo capítulo aborda as ferramentas necessárias à realização de um projeto de automação residencial, bem como cada uma das funções que são desenvolvidas.

No terceiro capítulo, aborda-se a rede de comunicação *Zigbee* utilizada para realizar a comunicação do sistema de automação, descrevendo todas as suas características.

O quarto capítulo concentra-se em descrever como é feita a montagem completa do sistema de automação proposto, trazendo formas de execução, possíveis cenários de montagem e custos benefícios reais do projeto.

E para o quinto capítulo, é realizada a conclusão a partir dos estudos desenvolvidos neste trabalho, apresentando possíveis trabalhos futuros.

2 ELEMENTOS NECESSÁRIOS A REALIZAÇÃO DE UM PROJETO DE AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL

2.1 Sistemas que podem ser inclusos no projeto integrado de automação residencial

São muitos os sistemas residenciais modernos que podem e se possível devem ser incluídos em projetos integrados, os principais são enumerados nos tópicos a seguir.

2.1.1 Sistema de iluminação

O sistema de iluminação combina conforto com economia, logo é possível realizar o controle integrado e remoto de toda a iluminação da casa, possibilitando a criação de categorias pré-definidas de intensidade de luz e cores (dinamizadas) para ocasiões específicas (jantar, filme, festa, etc.), denominadas de cenas. Quando adequado, pode ser feito o uso de sensores para acionamento automático e integrado ao acionamento de persianas e outras funções do ambiente. Isso tudo resulta em um sistema de iluminação apropriado, eficiente e econômico. Utilizando sensores de movimento um cômodo que se encontre vazio terá suas luzes desligadas assim como ao entrar em um recinto escuro não se faz necessária a utilização do interruptor para que as luzes se acendam, luzes externas acendem de acordo com a luminosidade, sendo ligadas automaticamente ao escurecer do dia.

A aplicação de um sistema de iluminação pode ser visto na Figura 3. O controle da iluminação deste ambiente pode ser realizado com o uso de um smartphone, mostrando a praticidade proporcionada.

Figura 3 – Sistema de iluminação residencial automatizado



Fonte: Costa Filho (2012)

2.1.2 Sistema de Sonorização

Esse sistema proporciona zonas de som ambiente em diferentes regiões e cômodos, que podem reproduzir áudio a partir de todas as fontes (equipamentos, servidor de música, etc.) presentes na casa. Um requisito importante para a qualidade deste sistema é que as caixas de som estejam estrategicamente dimensionadas e posicionadas, de acordo com o tamanho e características de cada ambiente. Logo, é possível ouvir músicas independentes em cada ambiente.

Para esse sistema, tem-se o Home Theater com função agregar os comandos de áudio e vídeo do projeto (DVD, TV, CD, Bluray, etc.), facilitando sua utilização e demais outros equipamentos de áudio e vídeo presentes na casa. Possibilita ao usuário o acionamento de todos os equipamentos necessários para assistir algo exclusivamente com um toque. É possível também a integração de demais comandos, como ar-condicionado, iluminação ou persianas, atuando em conjunto para formação de cenas voltadas para o Home Theater (ACCARDI; DODONOV, 2012).

Controlando o sistema de Home Theater é viável controlar todos os equipamentos sem necessidade dos controles remotos individuais dos equipamentos. Escolhe-se o que se deseja fazer e todo o sistema se ajusta sozinho. Todos os equipamentos integrados nesse sistema podem ser observados na Figura 4.

Figura 4 – Possíveis dispositivos controláveis no sistema de Home Theater



Fonte: Contessoto; Oshima (2014)

2.1.3 Sistema de Climatização

Propicia o controle (ativação/desativação) dos equipamentos de climatização como: ventiladores, aquecedores, ar-condicionado entre outros, coordenando o funcionamento de acordo com os horários, presença e temperatura externa. Garante-se um elevado nível de conforto na residência, uma vez que assegura uma climatização customizada conforme as necessidades do usuário e das condições do ambiente, tendo como exemplo, o controle da temperatura do ar-condicionado, não permitindo que a temperatura esteja muito baixa em dias frios.

2.1.4 Controle de Persianas, cortinas e toldos

Tem-se toda a comodidade ao alcance do usuário, permitindo ao mesmo acionamento remoto da abertura e fechamento de persianas, cortinas e toldos, podendo definir posições preferidas e introduzir em cenas de iluminação da casa, a Figura 5 mostra esse controle.

Figura 5 – Controle de persianas e cortinas



Fonte: Silva (2013)

2.1.5 Segurança

Entre algumas formas de integrar os sistemas de segurança a automação está a abertura e o fechamento de portas e portões remotamente por intermédio de um *touch* ou *Smartphone* ou através de fechaduras com leitor biométrico. Há ainda a possibilidade de restrição de acesso a alguns cômodos da residência. Quando o sistema de monitoramento está integrado ao sistema de alarme, as próprias câmeras, ligadas a uma rede de comunicação (internet, celular), podem atuar como sensores de presença definindo qualquer situação de invasão, acionando o alarme e gravando as imagens (ACCARDI; DODONOV, 2012). A Figura 6 mostra uma fechadura com leitor biométrico.

Figura 6 – Controle de segurança utilizando domótica



Fonte: Gds automação (2016)

2.1.6 Controle de Jardim

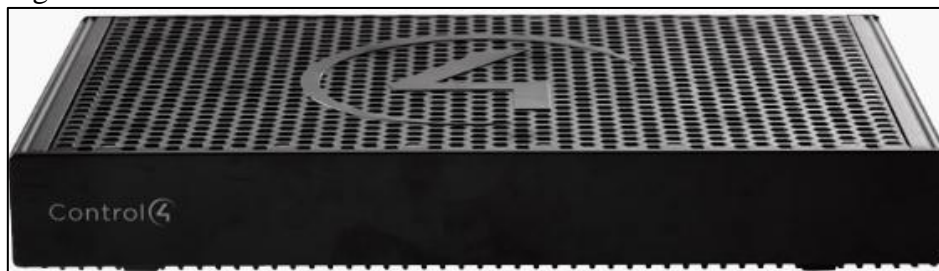
Esse sistema faz a ligação remota dos sistemas de irrigação em varandas, quintais e jardins, monitora o uso da água e racionaliza seu uso. Assim, é possível realizar esse controle de qualquer cômodo da residência, garantindo praticidade e segurança contra invasões e roubos.

2.1 Elementos utilizados para compor o projeto de automação residencial

2.1.1 Controlador EA-3

O controlador EA-3 mostrado na Figura 7, é responsável pelo controle de automação e entretenimento de pequenas e médias residências. O equipamento possui um processador multi-core com várias entradas e saídas com finalidade de automatizar iluminação, climatização, vídeo e áudio, fechaduras, sendo todos comandados por Zigbee, IP, Infravermelho e serial. Possui ainda alimentação PoE+ e saída Ethernet. O EA-3 propicia rápida velocidade para acessar imediatamente os sistemas integrados da residência e um servidor de música com três saídas propiciando distribuição de áudio por todos os ambientes (CONTROL 4, 2014).

Figura 7 – Controlador EA-3



Fonte: Control 4 (2016)

2.1.2 Módulo Relé C4-DIN-8REL-E

O módulo relé é montável em trilho DIN, possuindo tensão de alimentação de 110V/220V para 50Hz/60Hz, com duas entradas de 20mA onde cada entrada alimenta quatro canais. Pode controlar (liga/desliga) oito circuitos de luz ou motorização, sua comunicação com a rede é feita através de TCP/IP em rede controlado pelo controlador EA-3.

Figura 8 – Módulo Relé



Fonte: Disac (2016)

2.2.3 VoicePod®

VoicePod é um dispositivo que se incorpora ao sistema de automação residencial possibilitando reconhecimento de voz. É possível monitorar individualmente cada cômodo, através do seu *software* integrado, logo, quando o usuário solicita algum comando como “acender luzes” imediatamente ele executa essa ação, ligando o circuito de iluminação. A comunicação com o sistema inteligente é realizada com a tecnologia *Zigbee*. O VoicePod possui seus comandos sem necessitar de conexão com a internet. É possibilitado ao usuário customizar seus comandos, criando diversas situações conforme seu modo de vida. Uma das possibilidades é introduzir os comandos a serem

falados todos em português para facilitar a comunicação com o usuário, uma vez que seus idiomas originais são Inglês e Espanhol (VOICEPOD, 2016). A Figura 9 identifica o VoicePod.

Figura 9 – Dispositivo VoicePod®



Fonte: Site VoicePod (2016)

2.2.4 Módulo Dimmer

Elemento responsável por dimerizar a iluminação de lâmpadas, onde essa dimerização ocorre por meio do controle de tensão ou corrente da lâmpada e assim a potência da lâmpada. Esse módulo é responsável por determinar a relação de entrada de controle e a saída do dimmer, de acordo com (BOLZANI, 2004) várias configurações são possíveis:

- *Off*: Desconsidera os níveis de entrada e não funciona mesmo com substituições locais.
- *Always-on*: Despreza os níveis de entrada e não para de funcionar mesmo com substituições locais.
- *Switched*: O circuito opera como um relé com tensão de saída AC regulada quando o nível de controle é além do nível do limiar de controle.
- *Trava de bloqueio*: Possui modelo semelhante ao modo *switched*, no entanto possui uma proteção complementar com finalidade dos circuitos não serem ligados ou desligados com muita facilidade. O circuito só poderá ser ligado no instante em que um nível específico de controle é

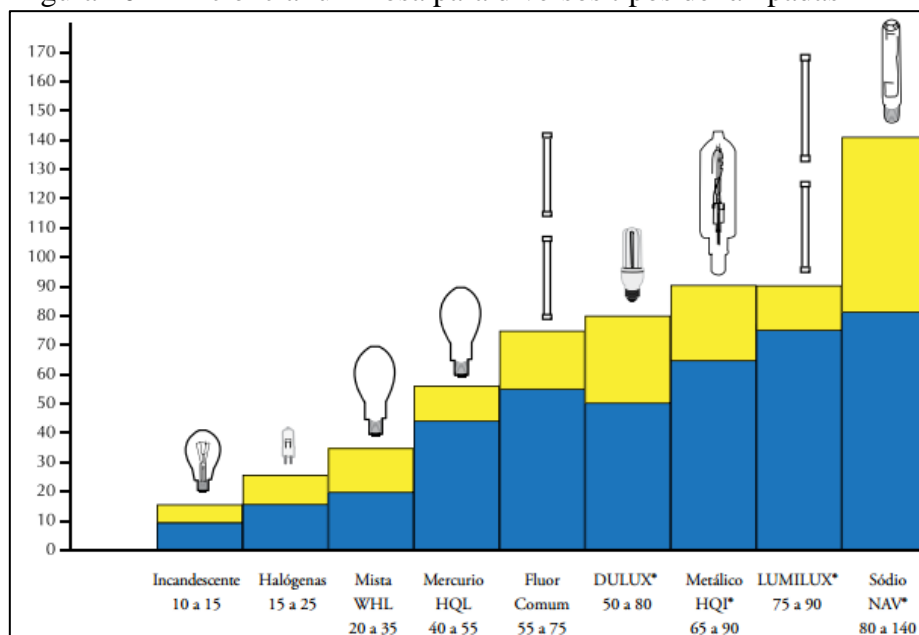
executado em um determinado espaço de tempo, e só se apaga quando o nível de controle é suportado em um nível diferente, por um período de tempo.

Os tipos de lâmpadas que podem ser dimerizadas são:

- Lâmpadas de filamentos (Dicroicas, halógenas, incandescentes).
- Alguns tipos de leds.
- Lâmpadas fluorescentes com reator dimerizável.

O uso de *dimmer* é mais comum nas lâmpadas de filamentos, uma vez que elas são designadas como as grandes contribuintes para o alto consumo de energia, isso se dá devido a pouca eficiência dessas lâmpadas. A Figura 10 representa a eficiência luminosa para diversos tipos de lâmpadas e é possível notar a pequena eficiência das lâmpadas incandescentes.

Figura 10 – Eficiência luminosa para diversos tipos de lâmpadas



Fonte: Dal Bó (2007)

Sabendo que a eficiência luminosa é a relação entre o fluxo luminoso total emitido por uma fonte de luz e a potência por ela consumida, tendo como unidade de medida o lúmen/watt (lm/W) e analisando a Figura 10 pode-se afirmar que é de extrema importância o uso do *dimmer* para essas lâmpadas com finalidade de impedir o seu consumo exagerado de energia. É mostrado na Tabela 2 percentuais de consumo de

potência e o uso do *dimmer*, a partir dessa tabela são observados os benefícios ao usar esse componente bastante presente na automação residencial (Dal Bó, 2007).

Tabela 2 – Relações entre nível de luminosidade, potência consumida e vida útil da lâmpada

Redução dos níveis de luminosidade	Potência consumida na lâmpada	Potência economizada na lâmpada	Aumento da vida útil da lâmpada
90%	90%	10%	2 vezes
75%	80%	20%	4 vezes
50%	60%	40%	20 vezes
25%	40%	60%	> 20 vezes

Fonte: Dal Bó (2007)

Para dimerizar lâmpadas fluorescentes é necessário fazer uso de um reator dimerizável, que tem um alto custo, tornando esse procedimento pouco utilizado nesse modelo de lâmpada, e para os leds a dimerização acontece de forma a regular seu brilho, a fim de obter o contraste ideal para diversos ambientes.

2.2.5 Teclado configurável

É constituído por várias teclas conforme mostra a Figura 11, onde as mesmas possuem interface com os LEDs, de forma a proporcionar a escolha de diferentes cenas e comando individuais para o ambiente. Substitui o interruptor padrão, realiza comandos gerais de automação e comandos individuais. Sua comunicação é realizada por radiofrequência (CONTROL 4, 2016).

2.2.6 Tecla *dimmer living*

Dispositivo que permite interface com o usuário, facilitando a interação de pessoas, esse tipo de teclado substitui a utilização do interruptor convencional. O teclado *dimmer* é composto de um teclado e um *dimmer*, agrupando diversos botões, onde cada um pode obter uma programação diferenciada para diversas funções. Usualmente, possui um circuito eletrônico para que cada botão libere um sinal distinto, ou seja, uma tecla pode acender lâmpadas, outra pode ligar televisão e ar condicionado ao mesmo tempo, ambas no mesmo teclado (CONTROL 4, 2016).

Esse aparelho regula automaticamente a intensidade luminosa dos leds de acordo com a luz ambiente, atua como teclado ou *dimmer* possui sensor de luminosidade do ambiente, indica no *composer* seu consumo de energia e funciona mesmo com a automação desligada.

Figura 11 – Modelo de *tecladimmer*

Fonte: Control 4 (2016)

2.2.7 Sensores

Sensores são definidos como dispositivos cuja finalidade é exercer tarefas de detecção com uma elevada precisão e eficiência, rapidez e margem de erro pequena. O seu propósito é coletar um estímulo e convertê-lo em sinal elétrico adaptável a seus circuitos, ou seja, transforma outra forma de energia em energia elétrica. Seu sinal de entrada pode ser tensão, corrente ou carga e sua saída pode ser frequência, fase, amplitude e sinal digital. São comumente usados na indústria e em projetos de automação residencial, os mais frequentes são os sensores de presença, movimento e temperatura (MAZZAROPPI, 2007).

2.2.7.1 Sensor de presença

Identifica em uma área, a presença de pessoas ou objetos, gerando um sinal caso algum objeto esteja presente na sua zona de detecção, independente do objeto ser estacionário ou não. Esses sensores integram uma solução eficiente e barata para a detecção de pessoas pelo calor de seu corpo e por suas ações (BRAGA, 2014).

2.2.7.2 Sensor de movimento

Correspondem apenas ao movimento das pessoas ou objetos, portanto, apresentam sensibilidade apenas a objetos em movimento. Funciona através da percepção de radiação infravermelha, logo, ele é sensibilizado quando ocorre uma variação de ondas eletromagnéticas liberadas por fontes de calor presentes na área de alcance do sensor (ESCHNER, 2011).

2.2.7.3 Sensor de temperatura

Sinalizam em situações que a temperatura média está sendo excedida, para casos com especificação da temperatura local ou remota programada, proporcionam avisos de temperatura. É capaz de realizar medição de temperatura, geralmente a medição é realizada através do contato com uma superfície sólida ou imersa no solo (MATHEWS, 2009).

3 TECNOLOGIA ZIGBEE

3.1 Rede Zigbee

A tecnologia *Zigbee* é um conjunto de protocolos de comunicação destinados a redes sem fio de baixa transmissão e curto alcance. Essa tecnologia reduz custos e gastos de energia. O *Zigbee* é implementado de acordo com o IEEE 802.15.4, responsável pela definição de camadas físicas e de enlace para esse tipo de comunicação se realizar. Vale salientar que esse padrão Zigbee foi desenvolvido pela *Zigbee* alliance, com intuito de que os fabricantes produzam dispositivos compatíveis entre si, ou seja, produtos que pertencem a fabricantes diferentes se forem projetados pelo padrão *Zigbee* serão compatíveis (GISLASON, 2008).

Segundo Oliveira Filho (2010), existe várias redes de comunicação sem fio, como a rede *Wifi*, *WiMax*, *WLAN.802.11.b/g*, *Bluetooth* e a *Zigbee*, a Tabela 3 mostra uma tabela com comparativo entre essas tecnologias e a Figura 13 descreve a colocação da tecnologia *Zigbee* no âmbito de taxa e transferência de alcance, respectivamente.

Tabela 3 – Comparativo entre tecnologias sem fio

Características	Wi-fi 802.11b/g	Bluetooth	<i>Zigbee</i>
Frequência	2,4 GHz	2,4 GHz	868 MHz, 915 MHz e 2,4 GHz
Quantidade de dispositivos	32	7	65000
Taxa de Transferência rádio	11/54 Mbps	1/3 mbps	250 kbps
Alcance	~100 m	~100 m	~ 240–3200m (100mW)
Latência	~3 s	~ 10 s	~ 30ms
Segurança	<i>Authentication service set ID (SSID) (WEP/WAP)</i>	64 bit, 128 bit	128 bit AES (<i>Advanced Encryption Standard</i>)
Topologia de Rede	<i>Point-to-Multipoint</i>	Ad hoc Piconets	<i>Point-to-Point, Point-to-Multipoint, Mesh</i>

Fonte: Oliveira Filho (2010)

3.2 O IEEE 802.15.4

O IEEE 802.15.4 é caracterizado como uma tecnologia que não faz uso de fio e opera a curto alcance, sua finalidade é trabalhar com aplicações que não possuem alta latência e alta taxa de transmissão. Suas principais aplicabilidades são: baixo consumo de energia, baixo custo e baixa complexidade (BURATTI, *et al*, 2015).

3.2.1 Zigbee stack

Tem como propósito implementar as camadas do modelo OSI (*Open System Interconnection*) para uma rede LR-WPAN (Baixa taxa de rede wireless de área pessoal) com características de baixo tráfego de dados e sem fio de área pessoal (OLIVEIRA FILHO, 2010). A arquitetura *Zigbee stack* é composta por camadas, cada camada é responsável por executar um conjunto específico de tarefas para a camada que está localizada acima. Um grupo de dados fornece um serviço de transmissão de informações e outro grupo de gerenciamento oferece todos os demais serviços. Ambos os grupos de serviço concedem uma interface para a camada de nível superior através de um SAP (Ponto de Acesso de Serviço), onde cada SAP tem como objetivo atingir a funcionalidade requisitada (ZIGBEE ALLIANCE, 2007).

3.2.1.1 Camada física (PHY)

Compreende a camada de menor protocolo, maior proximidade do hardware e responsável pela comunicação e controle do emissor-receptor de rádio. A camada PHY é encarregada de ativar o rádio que transmite ou recebe pacotes. Essa camada ainda se responsabiliza pela escolha da frequência do canal, de forma a garantir que o canal não seja utilizado por outros dispositivos em outra rede desconhecida (FARAHANI, 2008).

A camada física funciona em três faixas de frequências distintas, ambas sem licença conforme região geográfica. As três bandas possuem 27 canais *half-duplex* onde cada canal possui uso nos dois sentidos de transmissão, no entanto um por vez, desta forma quando um dispositivo está transmitindo o outro está recebendo e vice-versa. Para transmissão *half-duplex*, a máxima capacidade do canal é possibilitada ao dispositivo que estiver transmitindo no momento. A Figura 12 apresenta a transmissão *half-duplex*. Conforme Figura 12.

Figura 12 – Funcionamento de um canal *half-duplex*

Fonte: Cichaczewski (2013)

De acordo com a banda utilizada, pode-se variar a modulação, a distância entre os canais e o método de propagação. A Tabela 4 retrata os informes para cada uma das bandas. De acordo com a mesma, a camada física opera em duas faixas de frequências distintas, 868/915 MHz e 2,4 GHz, a camada física de menor frequência engloba a frequência de 868/915 MHz para a Europa, Estados Unidos e Austrália e a camada PHY (física) de maior frequência engloba 2,4 GHz para todo o mundo (ZIGBEE ALLIANCE, 2007).

Tabela 4 – Alocação de canais e bandas nos diferentes locais.

Banda	Frequência (MHz)	Local disponível	Largura de Banda	Quantidade de canais
2,4 GHz (ISM)	2400 – 2483,5	Mundo inteiro	250 Kbps	16
915 MHz (ISM)	902 – 928	EUA	40 Kbps	10
868 MHz	868 – 868,6	Europa	20 Kbps	1

Fonte: Buratti *et al.*, (2011)

Conforme Tabela 5, as faixas de frequência de 868/915 MHz correspondem a uma modulação do tipo BPSK (*Binary Phase Shift Keying*) com método de propagação *spreading method* e DSSS (*Direct Sequence Spread Spectrum*) e a de 2,4 GHz faz uso da modulação O-QSKY (*Offset Quadrature Phase Shift Keying*) (LABIOD, *et al.*, 2007).

Tabela 5 – Determinação de canais e bandas nos diferentes locais.

Banda	Distância entre canais	Modulação	Método de propagação
2,4 GHz (ISM)	5 MHz	O-QPSK	16-array orthogonal
915 MHz (ISM)	2 MHz	BPSK	DSSS Binário
868 MHz	-	BPSK	DSSS Binário

Fonte: Buratti *et al.*, (2011)

3.2.1.2 Camada de Acesso Controle de mídia (MAC)

Denominada camada dois ou camada de enlace de dados do modelo ISO/OSI, é responsável pelo controle de acesso a um canal compartilhado concedendo dados confiáveis. São conhecidos dois métodos de acesso ao canal, o que possui contenção e o sem contenção. Para o primeiro método, quando o meio está livre, o dispositivo inicia a transmissão de imediato, através do CSMA-CA (Acesso múltiplo com verificação de portadora com anulação/prevenção de colisão), esse mecanismo dispõe de um tempo de contenção para estabelecer a transmissão.

No segundo método também conhecido como *beaconed*, por meio de um PAN (Personal Area Network) o intervalo de tempo GTS para cada dispositivo é demarcado, dispensando a necessidade de protocolo para transmissão. Embora não exista a necessidade de contenção é necessário um sincronismo entre os dispositivos de rede, esse sincronismo é realizado pelo *beacon*, fornecido pelo coordenador (ESCHNER, 2011).

3.2.1.3 Camada de rede (NWK)

Possui duas aplicabilidades: assistência às aplicações dos dispositivos *zigbee* e o deslocamento de dados. De acordo com (NENOKI, 2013) essa camada também desempenha funções como:

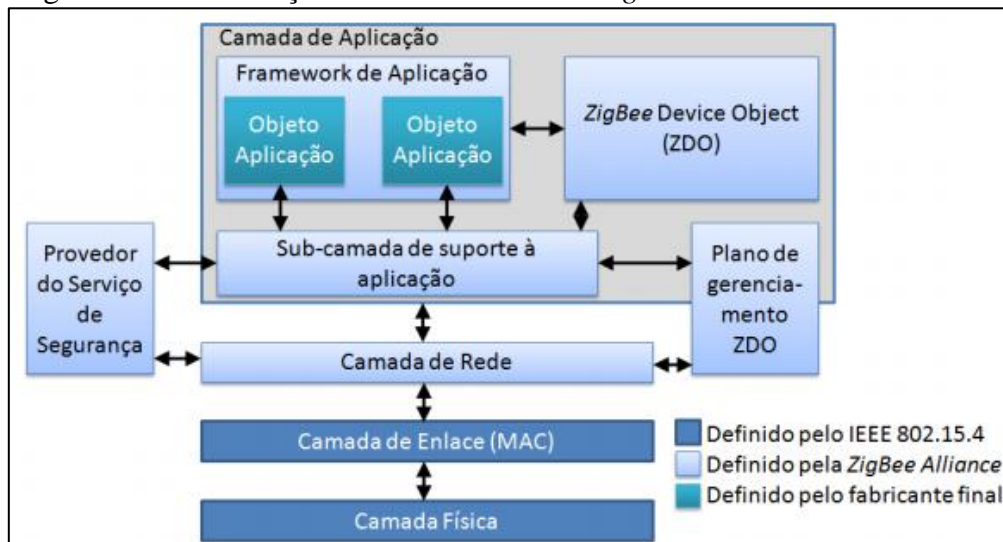
- Estabelece uma nova rede;
- Facilidade de aderir e abandonar a rede;
- Roteamento dos dados para seus respectivos destinos;
- Possui sincronismo com os dispositivos;
- Endereçamento.

A camada de rede foi desenvolvida com intuito de aumentar a rede de forma a não necessitar de transmissores que requerem altas potências. O que permite o desenvolvimento dessas funções são as seguintes funcionalidades: *Network, Binding, Device Discovery, Creating e PAN* (NENOKI, 2013).

3.2.1.4 Camada de aplicação (APL)

Camada com nível mais alto e com três subcamadas: ZDO (*ZigBee Device Objects*), APS (*Application Support*) e *Framework* de Aplicação, como observado na Figura 13.

Figura 13 – Distribuição de camadas da rede *Zigbee*



Fonte: Silva (2011)

A subcamada APS, desenvolve funções como: Gerenciamento de endereços, enviar mensagens entre dispositivos, estruturar o endereço de 64 bits com o endereço da rede, portanto a APS é designada como uma conexão entre a cama de rede e de aplicação. O *Framework* de aplicação permite que o dispositivo *Zigbee* seja qualificado para várias aplicações, acomodando essas aplicações a fim de controlar e gerenciar as camadas de protocolo desse dispositivo. E o ZDO oferece função ao coordenador, roteador e dispositivos finais, que são os dispositivos *Zigbee*. As subcamadas APS desenvolvem também atividades relacionadas à segurança (SILVA, 2011).

3.3 Características da rede *Zigbee*

Para Vasques (2010), a tecnologia *Zigbee* foi elaborada visando atender o mercado da automação comercial de edifícios, controle industrial, controle residencial e comercial, eletrônica de consumo e automação residencial. As principais características da *Zigbee* são:

- Baixo custo de manutenção;
- Controle de inúmeros sistemas realizado através de uma única rede;

- Pequeno consumo de energia;
- Segurança na transferência de dados;
- Possui dois modos de operação de rede: Transparente e criptografado.

3.4 Componentes de rede

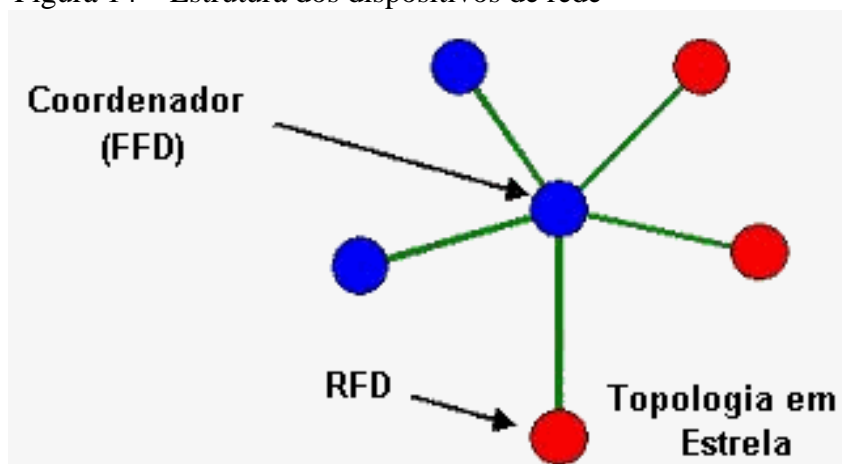
Uma rede é constituída no mínimo de um dispositivo de rede, no caso, um coordenador, roteador ou dispositivo final e um coordenador central de rede PAN.

3.5 Tipos de dispositivos de rede

De acordo com Marçal (2008) existem dois tipos de dispositivos *Zigbee*, apresentados na Figura 14:

- FFD (*Full Function Device*): Dispositivo com função completa, com função de coordenação da rede e que possuem acesso direto aos demais dispositivos.
- RFD (*Reduced Function Device*): Mantem comunicação exclusiva com o coordenador de rede, apresentando funções reduzidas.

Figura 14 – Estrutura dos dispositivos de rede



Fonte: Pinheiro (2004)

3.5.1 Coordenador

Definido como responsável pela central de rede, atua de forma ativa controlando diretamente a rede. É tido como o nó inicial que controla a rede *Zigbee*. Só é possível um coordenador por rede, compreendendo uma memória computacional

melhor e com alimentação direta. Possui várias funções e a capacidade de armazenamento da rede (AZEVEDO, 2014).

3.5.2 Roteador

Roteia dados para outros dispositivos, permitindo que os dispositivos que não conseguem se comunicar diretamente, recebam os dados entre nós ampliando a rede e servindo como interface intermediária. Identificam o menor caminho por ser FFD (PINHEIRO, 2011).

3.5.3. Dispositivo final

Comuta informações com o coordenador e roteador (único nó) executando função de atuador. São classificados como RFD, portanto são inativos e não exercem função de coordenação e roteamento, porém podem manter contato com o roteador pai (PINHEIRO, 2011).

3.6 Topologia da rede *Zigbee*

Segundo Pinheiro (2004) a rede *Zigbee* dispõe de três tecnologias de rede: estrela, árvore e *mesh*. As topologias *mesh* e árvore, designada como uma ocorrência da rede *peer-to-peer*, são mais usuais, por conseguirem cobrir uma área maior e com mais dispositivos. Já a topologia estrela é menos comum e pouco usual.

A topologia estrela possui comunicação direta com todos os nós, a partir do nó coordenador apresentando um FFD que possibilita o início da rede. Já a topologia árvore permite que os diversos dispositivos mantenham comunicação de forma direta uns com os outros a uma distância suficiente para manter essa comunicação agradável. Só é encontrada uma rota entre os nós, facilitando o roteamento de dados.

Por fim, a topologia *mesh* é responsável em optar pela rota mais barata, uma vez que existem várias rotas por pares de nós. Diferentemente da topologia árvore, que possui característica hierárquica, a topologia *mesh* não possui essa propriedade, proporcionando aos dispositivos uma conexão com qualquer dispositivo disponível.

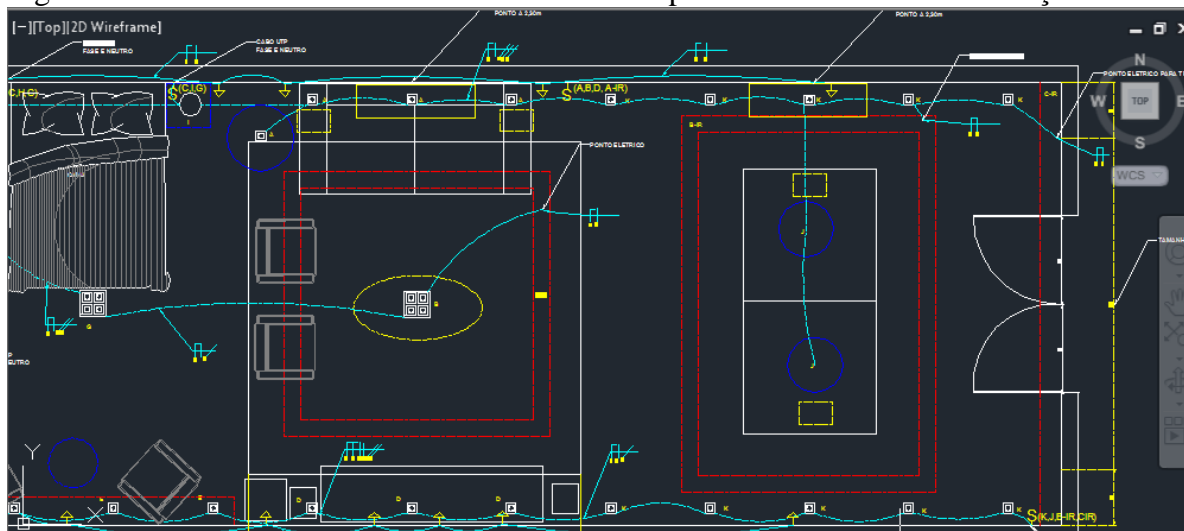
4 ESTUDO DE CASO

O presente projeto de automação residencial foi desenvolvido em ambiente real na Cidade de Juazeiro do Norte-Ce. Foram implementados sistemas para realizar a integração do controle de iluminação, sons, temperatura e cortinas com o sistema de dispositivos controlados via tecnologia *Zigbee* e infravermelho.

São descritos todos os equipamentos utilizados no projeto, com a finalidade de facilitar entendimento dos sistemas desenvolvidos, todas as cenas são pré programas conforme escolha do usuário, logo inúmeras cenas podem ser desenvolvidas.

O sistema de automação residencial juntamente com seus circuitos de cargas elétricas é mostrado na Figura 15.

Figura 15 – Planta baixa da residência com seus respectivos circuitos de iluminação



Fonte: Autoria própria (2016)

Além do controle de iluminação, foi realizado também o controle de áudio, vídeo e ar condicionado, com controle diretamente realizado por *IR* e *Zigbee*. Desta forma, é possível obter economia de energia, e diminuir o uso de interruptores e controles remotos, fazendo uso de dispositivos móveis e comando de voz através do *voicepod*.

Para o sistema convencional de acionamento de lâmpada, a mesma está ligada quando 100% da carga está ativa e desligada quando não há passagem de corrente até a carga.

O projeto foi executado utilizando os seguintes componentes:

- Controlador EA-3;
- *Tecladimmer*;
- *VoicePod*;
- 1 módulo relé com oito entradas;
- 1 módulo *dimmer* com quatro entradas;
- Fita de Led;
- Sensor de pressão;
- Home Theater;
- Blue Ray;
- Sistema de ar condicionado;
- Tablet.

Para montagem das diferentes situações do projeto, foi feito uso do software *composer 2.8.2*, disponibilizado pela *control 4*®. A Figura 16 descreve o ambiente inicial de programação para se conectar diretamente ao controlador EA-3.

Figura 16 – Ambiente inicial de programação do software *composer 2.8.2*



Fonte: Autoria própria (2016)

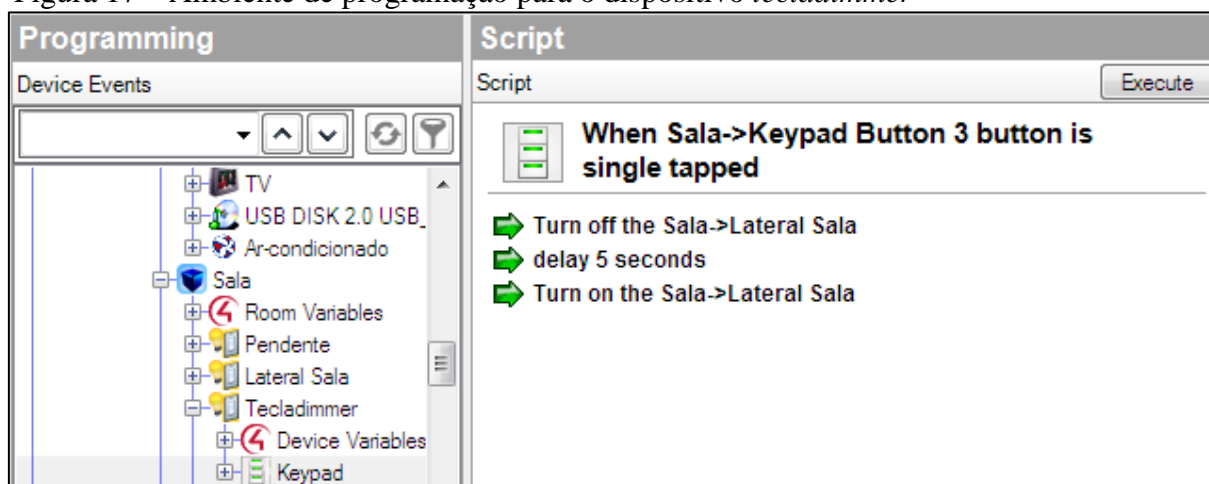
Depois de realizada a conexão local system escolhe-se o ambiente de programação, neste caso o *programming* para se desenvolver a cena. Dessa maneira, pode se optar pelo meio de execução da cena, os quais são descritos a seguir:

- *Tecladimmer*;
- *Voicepod*;
- *Smartphone*;

- Notebook.

A Figura 17 indica o procedimento necessário a se realizar a programação de qualquer cena de automação. Posteriormente, basta efetuar os comandos desejados para o ambiente e dispositivo escolhido e executar a cena. Foi escolhido o *tecladimmer* para criação da primeira situação. Vale salientar que para as demais programações que serão realizadas com os diferentes dispositivos, o modo de funcionamento do programa é o mesmo que este mostrado.

Figura 17 – Ambiente de programação para o dispositivo *tecladimmer*



Fonte: Autoria própria (2016)

Para melhor entendimento da cena 1 foi desenvolvida a Tabela 5 que especifica as potências das diferentes cargas que podem ou não ser dimerizadas e controladas fazendo uso dos dispositivos programáveis. A Tabela 6 identifica os cômodos da residência, descrição da seção de iluminação e potência total em W.

Tabela 6 – Especificação de cargas do projeto

Cômodos	Descrição	Potência (W)
Sala	Iluminação dimerizável	600
Quarto	Iluminação dimerizável	660
Home Theater	Iluminação dimerizável	600
Sala	Iluminação não dimerizável	100
Quarto	Iluminação não dimerizável	84
Home Theater	Iluminação não dimerizável	600

Fonte: Autoria própria (2016)

A cena 1, representa a recepção a possíveis visitantes, portanto, iluminação somente da sala de Home Theater dimerizada, pendentes da sala de jantar ligados e sistema de climatização e áudio ligados, com valor de temperatura e de volume já pré definidos na programação.

O projeto detém de apenas um tecladimмер com quatro teclas, onde cada uma pode ter até três pulsos. Para cada pulso de cada tecla do dispositivo foi desenvolvida uma cena na residência conforme Tabela 7. Para nível deste projeto, só será descrita uma cena dentre as dezesseis pré-programadas.

Tabela 7 – Cenas desenvolvidas no *tecladimмер*

Botão	Pulso	Cena
1	Um pulso	Ligar luzes da sala
1	Dois pulsos	Jantar romântico
1	Três pulsos	Desligar tudo
2	Um pulso	Recepção
2	Dois pulsos	Festa eletrônica 1
2	Três pulsos	Ativar leds e desligar tudo
5	Um pulso	Festa eletrônica 2
5	Dois pulsos	Festa eletrônica 3
5	Três pulsos	Festa eletrônica 4

Fonte: Autoria própria (2016)

O módulo *dimmer* dispõe de oito canais, os mesmos são encarregados de controlar os diferentes tipos lâmpadas (incandescentes e as dimerizáveis). As diversas cenas foram implementadas através deste módulo, além disso, o acionamento de cada uma pode ser realizado por pulso, *smartphone*, *tablet* e controles. A cena do botão número 2 para dois pulsos pode ser visualizada na Figura 18 e o funcionamento da mesma na Figura 19.

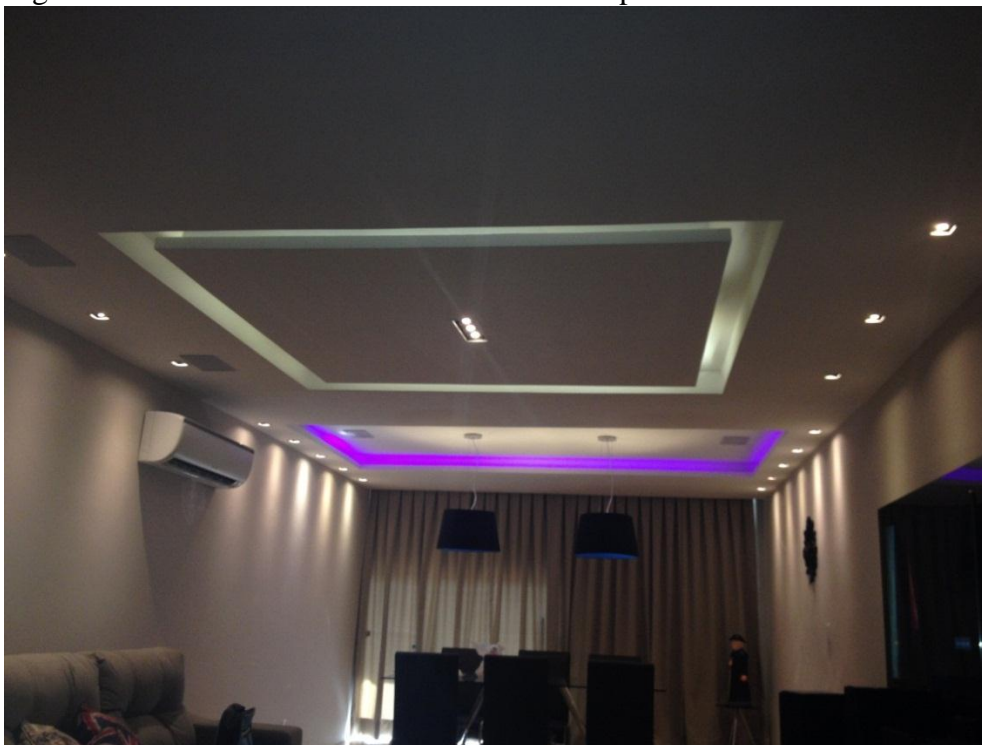
A cena de número 2 aciona primeiramente leds RGB em modo festa eletrônica em conjunto com sistema de áudio e vídeo, posteriormente são acionadas as luzes da sala de jantar com dimerização de 50%. Essa cena possui sincronização com a música logo ao longo de sua execução são encontrados vários *delays* de tempo onde varias luzes apagam e ascendem no decorrer da música. Encontra-se no Apêndice B a programação para esta cena. O Apêndice A apresenta a programação da festa eletrônica.

Figura 18 – Pulso na tecla dois do *tecladimmer*



Fonte: Autoria própria (2016)

Figura 19 – Funcionamento da cena 1 acionada por *tecladimmer*



Fonte: Autoria própria (2016)

4.1 Acionamento de cenas através de comando de voz

O comando de voz pode ser utilizado através do *Voicepod* que é integrado diretamente ao controlador EA-3 e pode ser programado pelo *composer 2.8.2*, assim determinando as características da cena desejada no *programming* é possível obter qualquer tipo de cena. A Figura 20 descreve a cena de recepção onde o usuário só necessita pronunciar o comando inicial “Olá” o dispositivo pergunta qual a cena a ser habilitada, responde-se “Recepção” e assim a cena escolhida é acionada imediatamente. Todas as luzes dimerizadas e não dimerizadas, músicas, temperaturas escolhidas na programação, começam a funcionar e interagir conforme selecionado.

Figura 20 – Cena de recepção acionada por comando de voz



Fonte: Autoria própria (2016)

4.2 Acionamento de cenas através de dispositivos móvel

Para este projeto os equipamentos serão controlados por um *tablet*, no entanto o controle pode ser feito também por: *Tablets*, *smartphones* e controles, onde todos estes dispositivos móveis são coordenados por um programa que é configurado pelo *navigator* que possui capacidade de administrar diversas cenas de automação. A tela inicial do aplicativo pode ser observada na Figura 21.

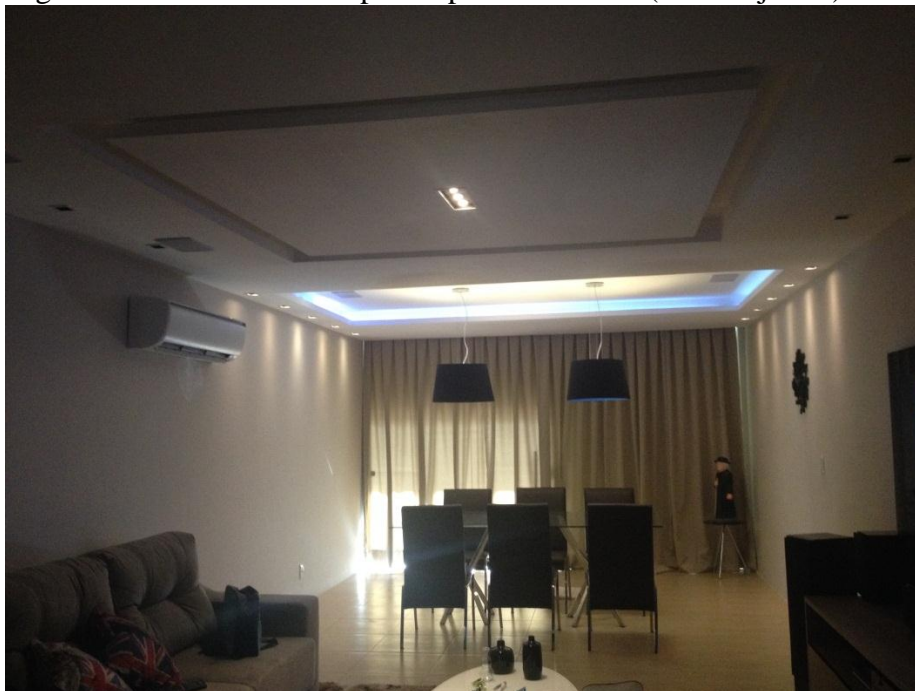
Figura 21 – *Navigator* de controle do tablet

Fonte: Autoria própria (2016)

No *software composer* foi desenvolvido um layout com opções de controle de iluminação, som, Home Theater e televisão, permitindo ao usuário maior facilidade e comodidade. O software foi interligado com os módulos da rede e o *navigator* com finalidade de elaborar os comandos para controlar e acionar as diferentes cargas. Foi produzida uma biblioteca específica contendo código em hexadecimal para a intercomunicação e controle em infravermelho de alguns aparelhos.

Para o presente projeto de automação residencial desenvolvido, foram elaborados comandos responsáveis pela coordenação dos equipamentos com um único toque. Conforme as Figuras 22 e 23, respectivamente, foram possíveis à dimerização das luzes da sala de jantar e sala de Home Theater, a ligação das luzes e sancas do quarto e para finalizar a ligação da TV ou *bluray* e Home Theater com o controle do seu volume. Pode-se conferir a pré-programação para acionamento através de dispositivo móvel no Apêndice C.

Figura 22 – Cena acionada por dispositivo móvel (Sala de jantar)



Fonte: Autoria própria (2016)

Figura 23 – Cena acionada por dispositivo móvel (Quarto)



Fonte: Autoria própria (2016)

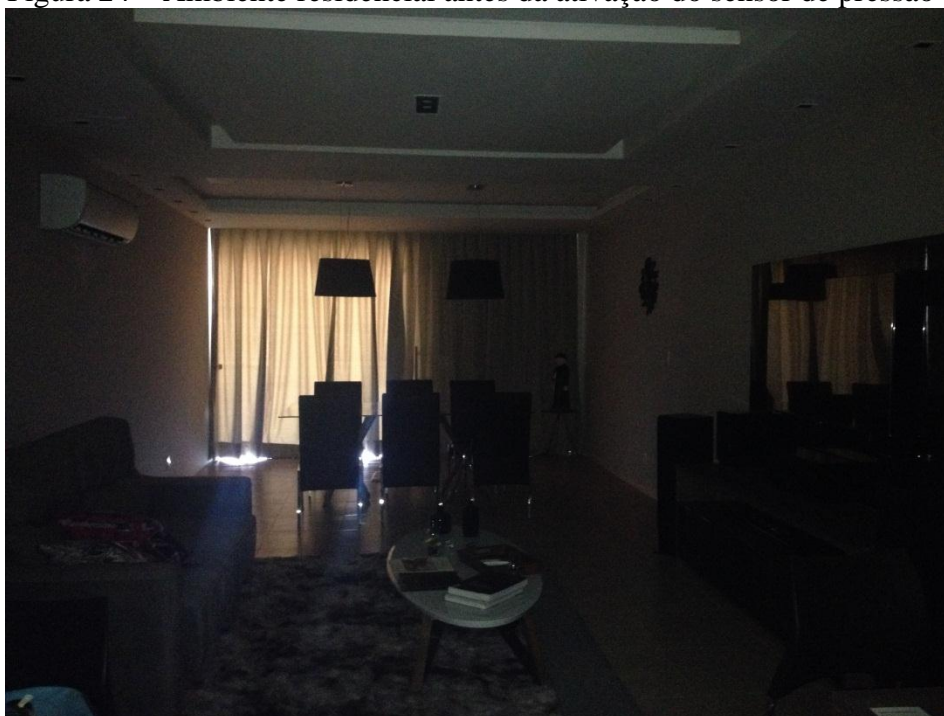
As diversas cenas foram programadas no composer e decodificadas para o smartphone, no caso deste projeto. Vale salientar que o software é compatível também com o sistema operacional *Android*. O designer do *navigator* permite o usuário pode acessar e a partir daí controlar luz, som, vídeo, segurança e ar.

4.3 Acionamento de cenas através de sensor de pressão

Para finalizar o projeto de automação, foi incluído o sensor de pressão no sofá para fazer funcionar mais uma cena de luzes e mídia. Por consequência, o cenário será descrito pelo sensor no sofá, ao ser pressionado quando o usuário se sentar, a TV será ligada juntamente com o *Home Theater*, tendo o seu volume ajustado (O volume já é programado e definido padrão na hora da montagem da cena).

As cargas elétricas da sala de jantar, sofá e TV foram ligadas com 50% da intensidade luminosa e todos os pendentos e a luz central do quarto foram acessos, tudo isso em conjunto com uma *playlist* de músicas e ligação da central de ar, simbolizando o ambiente pós-trabalho, aonde o usuário chega a casa. Pelas Figuras 24 e 25, nesta ordem identifica-se a execução desta cena. O código utilizado nesta cena é apresentado no Apêndice D.

Figura 24 – Ambiente residencial antes da ativação do sensor de pressão



Fonte: Autoria própria (2016)

Figura 25 – Ambiente residencial pós-ativação do sensor de pressão



Fonte: A autoria própria (2016)

4.4 Funcionamento da rede

Para funcionamento do projeto foi necessário realizar a comunicação com dispositivos móveis. Logo, criou-se uma rede *Wifi* para que todos os dispositivos se conectassem. O controle das cargas elétricas, dispositivos de áudio e vídeo é feito por tecnologia *Zigbee* e *IR*. Logo, são estabelecidas conexões entre o coordenador, roteador, controlador para que o usuário possa acessar o *software composer* e os demais dispositivos e assim projetar e executar as cenas. A Figura 26 apresenta a topologia de rede apresentada, uma rede *Mesh* conectada a uma rede global que faz conexão com a rede sem fio.

Figura 26 – Funcionamento da rede utilizada



Fonte: Autoria Própria (2016)

4.5 Valor monetário do projeto

O valor correspondente para se desenvolver este projeto, ou seja, automação residencial da sala de jantar, sala de Home Theater e quarto com controle de luz, áudio, vídeo, ar condicionado, sensor de pressão e cortinas, pode ser identificado na Tabela 8 adiante, incluindo todos os componentes necessários para desenvolvimento da automação e retirando os custos de montagem e instalação elétrica.

Tabela 8 – Descritivo de custos para o projeto

Elementos	Valor
Controlador	4.700
Modulo Relé	2.300
<i>Tecladimmer</i>	2.500
VoicePod	2.500
Sensor de pressão	2.000
Tablet	3.500
Controle Control 4	3.100
<i>Home Theater</i>	5.500
<i>Blueray</i>	3.500
Lampadas	1.000
Leds RGB	500
Cabos condutores	5.000
Composer	3.000

Fonte: Autoria própria (2016)

O projeto de automação residencial desenvolvido teve um custo total de 40.000 (Sessenta mil reais).

5 CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

No presente trabalho, foi possível a realização de um projeto de automação residencial fazendo uso de tecnologia *control 4*®. Desenvolveram-se diversas cenas através de comando de voz, sensor de pressão, dispositivos móveis e *tecladimmer*, propiciando sistemas de iluminação, áudio, vídeo e refrigeração com alta comodidade e praticidade. Além disso, através do controle que foi realizado é possível se obter uma redução no consumo de energia elétrica.

O trabalho em conjunto das tecnologias *Zigbee*, infravermelho e *Wifi* proporcionaram a criação de infinitudes de situações vivenciais a qualquer usuário, muitas delas executadas com apenas um simples toque. Vale salientar que para a implementação das cenas se fez necessário o uso do software *composer 2.8.2* onde o mesmo só pode ser acessado quando o roteador, central e dispositivo estipularem uma conexão.

Tendo em vista o valor que foi estimado para a execução deste projeto de automação residencial o retorno de investimento ainda seria de longo prazo mesmo com a economia de energia gerada, uma vez que os equipamentos utilizados são de alto custo. Essa questão do valor de aquisição é uma barreira a ser quebrada pela domótica para promover cada vez mais sua aceitação e inserção no mercado.

O sistema de automação residencial desenvolvido proporcionou conforto e comodidade ao usuário, bem como a utilização de novas técnicas, como o uso de comando de voz para acionamento de cena, facilitando cada vez mais para o cliente.

5.1 Trabalhos futuros

Para trabalhos futuros, seria possível a realização de uma análise minuciosa da economia financeira que poderia ser obtida em longo prazo. Outra análise seria a realização da mesma automação residencial em ambiente comercial para que se possa observar a racionalização de energia elétrica que pode ser obtida.

Outra solução econômica seria desenvolver o próprio controlador, o que economizaria uma boa parte dos gastos, já que o mesmo apresenta como um dos equipamentos mais caros. E por fim, o controle de cortinas pode ser trabalho para ocorrer de acordo com a luminosidade do dia.

REFERÊNCIAS

ACCARDI, Adonis; DODONOV, Eugeni. **Automação residencial: Elementos básicos, arquiteturas, setores, aplicações e protocolos.** Revista tecnologias, infraestrutura e software. São Carlos, v.1, n.2, p. 156-166, 2012.

ALIEVI, César Adriano. **Automação residencial com utilização de controlador lógico programável.** Trabalho de conclusão de curso – Centro Universitário Feevale. Novo Hamburgo. 2008.

ANDRADE, Alexandre Salomão de; JUNIOR MASCHIETTO, Antonio; FARIA, Carlo; RODRIGUES, Délcio; AGUIAR, João Guilherme; TEIXEIRA, Marcos; FALCO, Rodrigo; NIETERS, Andréas. **Qualidade em instalações de aquecimento solar.** Apostila prática. Curitiba. S/D.

AZEVEDO, Thiago. **Roteamento Zigbee.** Artigo científico – Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. 2014.

BRAGA, Newton C. **Sensor de presença.** Artigo científico para site. Brasília, DF. Disponível em:

<<http://www.newtoncbraga.com.br/index.php/como-funciona/1542-sensor-de-presenca>>.

Acesso em: 13/06/2016.

BOECHAT, Lucas. **Integradores de automação residencial no Brasil.** Artigo para blog. Rio de Janeiro, 2015. Disponível em:

<<https://techinbrazil.com.br/integradores-de-automacao-residencial-no-brasil>>.

Acesso em: 15/06/2016.

BOLZANI, Caio Augusto Morais. **Residências inteligentes.** São Paulo: Editora Livraria da Física. 2004.

BURATTI, Chiara; MARTALÓ, Marco; VERDONE, Roberto; FERRARI, Gianluigi. **Sensor Networks with IEEE 802.15.4: Systems Distributed Processing, MAC, and Connectivity.** Springer. 269 p. 2011.

CONTESSOTO, Vitor Pedriali; OSHIMA, Rafael. **Automação residencial.** Trabalho de conclusão de curso – Universidade do Oeste Paulista. Presidente Prudente. 2014.

CONTROLADOR EA-3. Conceitos e aplicações. **Datasheet.** Disponível em:

<<http://www.control4.com/docs/product/ea-3/data-sheet/english/latest/ea-3-data-sheet-rev-a.pdf>>.

Acesso em: 11/06/2016.

COSTA FILHO, Gilberto Joaquim Gomes da. **Desenvolvimento de automação residencial para controle de cargas elétricas.** Trabalho de conclusão de curso – Universidade de Fortaleza – UNIFOR. Fortaleza. 2012.

CICHACZEWSKI, Carlos João. **ANÁLISE DA INTERFERÊNCIA MÚTUA ENTRE REDES IEEE 802.11 E IEEE 802.15.4**. Trabalho de conclusão de curso. Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC. Florianópolis. 2013.

DAL BÓ, Henrique Paulo. **Automação e eficiência energética**. Artigo científico para revista o setor elétrico. p. 40-47. São Paulo. 2007.

DISPOSITIVO VOICEPOD. **Guia de especificações**. Disponível em:
<<http://www.voicepod.com/device/benefits.asp>>.
Acesso em: 11/06/2016.

ESCHNER, Hommerding Rodrigo. **Sistema de automação residencial baseado em sensores zigbee**. Trabalho de conclusão de curso. Porto Alegre, RS. 2011.

FARAHANI, Shahin. **ZigBee Wireless Networks and Tranceiver**. London: Newnes. 364 p. 2008.

FERREIRA, Carlos José. **Automação residencial com domótica**. São Paulo, 2015. Disponível em:
<[http://www.articlesbase.com/#googtrans\(en|pt\)/destinos-de-viagem-artigos/automacao-residencial-domotica-369823.html](http://www.articlesbase.com/#googtrans(en|pt)/destinos-de-viagem-artigos/automacao-residencial-domotica-369823.html)>.
Acesso em: 17/06/2016.

GDS AUTOMAÇÃO. **Sistema de segurança com biometria**. Belo Horizonte, MG. Disponível em:
<<http://www.gdsautomacao.com.br.>>
Acesso em: 18/07/2016.

GUERRA, Juarez. **Automação residencial: Conceitos e cases**. São Caetano do Sul, SP. 2006. Disponível em:
<http://disciplinas.stoa.usp.br/pluginfile.php/32590/mod_resource/content/1/apre_aut_p_recional_cases.pdf>.
Acesso em: 22/05/2016.

GISLASON, Drew. **ZigBee Wireless Networking**. London: Newnes. 427p. 2008.

JUNIOR LINS, Wilson Ribeiro. **Comparativo de um projeto de sistema de automação residencial com tecnologia Z-WAVE e cabeada**. 2013. 58f. Trabalho de conclusão de curso. Universidade de Fortaleza – UNIFOR. Fortaleza, 2013.

LABIOD, Houda; AFIFI, Hossam; SANTIS, Costantino De. **WiFi Bluetooth ZigBee and WiMax**. Livro. Paris, Springer. 327 p. 2007.

LECHETA, Leandro Pires. **Sistema de iluminação residencial: Uma análise sobre alternativas para a redução do consumo de energia elétrica**. 86f. Trabalho de conclusão de curso. Centro Universitário FAG. Cascavel, 2006.

LINS, Vitor; MOURA, Waldson. **Domótica: Automação residencial**. UNIBRATEC, 2009. Disponível em:

<http://www.unibrattec.edu.br/tecnologus/wp-content/uploads/2010/12/lins_moura.pdf>. Acesso em: 26/06/2016.

LOZZER, Cristina Maria. **A aplicação da automação da iluminação e sua contribuição para a eficiência energética em empreendimentos residenciais**. Artigo científico em revista. Vitória ES. 2012.

MARÇAL, ISABELA SACHETIM. **Bluetooth e Zigbee padrões para redes pessoais sem fio**. Trabalho de conclusão de curso – Universidade Estadual de Londrina. Londrina. 2008.

MATHEWS, Davis. **Choosing and using a temperature sensor**. Harrisburg, PA. 2009.

MAZZAROPPI, Marcelo. **Sensores de movimento e presença**. Trabalho de conclusão de curso. 54p. Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ. Rio de Janeiro. 2007.

MÓDULO RELÉ C4-DIN-8REL-E. **Datasheet de informações**. Disponível em: <<http://www.disac.com.br/produto/c4-din-8rel-e-modulo-rele-8-canais-120v-240v/>>. Acesso em: 11/06/2016.

MURATORI, José Roberto; DAL BÓ, Henrique Paulo; **Automação residencial: Histórico, definições e conceitos**. São Paulo: Artigo científico na revista o setor elétrico. p. 70-77, 2007.

MURATORI, José Roberto. **Os desafios do mercado da automação residencial**. Artigo científico. São Paulo, 2013. Disponível em: <http://www.aecweb.com.br/cont/a/os-desafios-do-mercado-da-automacao-residencial_8192>. Acesso em: 14/06/2016.

NAHB RESEARCH CENTER. **The Bottom Line: The benefits of home automation for home builders**. Disponível em: <<https://www.nahb.org/en/members/committees-and-councils/20-Clubs/20-clubs-newsletter-articles/the-bottom-line-the-benefits-of-home-automation-for-home-builders.aspx>>. Acesso em: 01/04/2016;

NENOKI, Eduardo. **Zigbee – Estudo da tecnologia e aplicação no sistema elétrico de potência**. Trabalho de conclusão de curso – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba. 2013.

OLIVEIRA FILHO, José Carlito de. **Minicurso ZigBee**. 2010. Disponível em: <<http://www.trabalhosfeitos.com/ensaios/Zigbee/440890.html>> Acesso em: 13/06/2016.

PEREIRA, L. S; Martins, Lemuel Lucas Félix; Almada, Janaina Barbosa; Oliveira, Anderson Ismael da. **Eficiência Energética por meio da substituição de motores**

velhos em operação: Estudo de caso em uma indústria de máquinas de costura. Congresso Brasileiro de Automática. Vitória. 2016.

PINHEIRO, José Mauricio Santos. **Guia completo de cabeamento de redes.** São Paulo, SP. 235 p. 2011.

PINHEIRO, José Mauricio dos Santos. **Zigbee em home área network.** 2004. Disponível em:
<<https://desmontacia.wordpress.com/2010/11/24/zigbee-em-home-area-network/>>.
Acesso em: 08/07/2016.

SILVA, Leticia Thais da. **Uma proposta de automação residencial utilizando a plataforma de prototipagem eletrônica arduino.** Trabalho de conclusão de curso – Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais – PUC. Betim. 2013.

SILVA, Marcelo Honorato de Souza. **Desenvolvimento de uma rede de sensores sem fio utilizando Zigbee para aplicações diversas.** Trabalho de conclusão de curso – Escola politécnica de Pernambuco. Recife. 2011.

SILVEIRA, Paulo R. da; SANTOS, Winderson E. **Automação e Controle Discreto.** São Paulo: Livro editora Érica. p. 20-25. 2010.

TECLADIMMER LIVINING. **Manual de funções.** 2016. Disponível em:
<<http://www.control4.com/>>.
Acesso em: 22/05/2016.

TECLADO CONFIGURÁVEL. **Guia de especificações.** 2016. Disponível em:
<<http://www.control4.com/>>.
Acesso em: 22/05/2016.

TUOHY, Jennifer Pattinson. **O que é automação residencial e como começar.** Artigo científico para Revista Network. 2015.

TURUEL, Evandro Carlos. **Uma proposta de framework para sistemas de automação residencial com interface para Web.** Dissertação de mestrado – Centro Estadual de Educação Paulo Souza. São Paulo. 2008.

VASQUES, Bruna Luisa Ramos Prado; COUTINHO, Igor Bichara de Azevedo; LIMA, Manuela Ferreira de; CARNEVAL, Vitor Paranhos de Oliveira. **IEEE 802.15.4 Zigbee.** Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. 2010.

ZIGBEE ALLIANCE. **ZigBee Specification.** 2007. Disponível em:
<<http://www.zigbee.org/>>.
Acesso em: 05/07/2016.

- ➡ Emit IR Code: Power Off on Sala->LED RGB
 - ➡ Turn on the Sala->Lateral Sala
 - ➡ delay 5 seconds
 - ➡ Turn off the Sala->Lateral Sala
 - ➡ Turn on the Quarto->Sanca
 - ➡ delay 4 seconds
 - ➡ Turn on the Home Theater->Sofá
 - ➡ delay 4 seconds
 - ➡ Turn off the Home Theater->Sofá
 - ➡ Turn on the Sala->Pendente
 - ➡ delay 5 seconds
 - ➡ Turn off the Sala->Pendente
 - ➡ Turn on the Sala->Lateral Sala
 - ➡ delay 2 seconds
 - ➡ Turn off the Sala->Lateral Sala
 - ➡ Turn on the Home Theater->Sofá
 - ➡ Turn on the Home Theater->TV
 - ➡ delay 2 seconds
 - ➡ Turn off the Home Theater->Sofá
 - ➡ Turn off the Home Theater->TV
 - ➡ delay 4 seconds
 - ➡ Emit IR Code: Power On on Sala->LED RGB
 - ➡ Turn on the Quarto->Lateral Cama
 - ➡ delay 4 seconds
 - ➡ Turn off the Quarto->Lateral Cama
 - ➡ Turn on the Quarto->Sanca
 - ➡ delay 4 seconds
 - ➡ Turn off the Quarto->Sanca
 - ➡ Turn on the Quarto->Central
 - ➡ Turn on the Home Theater->Central
 - ➡ Turn on the Sala->Pendente
-
- ➡ delay 6 seconds
 - ➡ Turn off the Sala->Pendente
 - ➡ Turn off the Quarto->Central
 - ➡ Turn off the Home Theater->Central
 - ➡ Emit IR Code: Power On on Home Theater->LED Branco
 - ➡ Emit IR Code: Power On on Sala->LED RGB
 - ➡ delay 4 seconds
 - ➡ Emit IR Code: Power On on Sala->LED RGB
 - ➡ Emit IR Code: SMOOTH on Sala->LED RGB
 - ➡ Emit IR Code: Power On on Home Theater->LED Branco
 - ➡ Emit IR Code: SMOOTH on Home Theater->LED Branco
 - ➡ delay 15 seconds
 - ➡ Emit IR Code: Power Off on Sala->LED RGB
 - ➡ Emit IR Code: Power Off on Home Theater->LED Branco
 - ➡ delay 2 seconds
 - ➡ Emit IR Code: Power On on Home Theater->LED Branco
 - ➡ Emit IR Code: Power On on Sala->LED RGB
 - ➡ Emit IR Code: STROBE on Home Theater->LED Branco
 - ➡ Emit IR Code: SMOOTH on Sala->LED RGB
 - ➡ delay 10 seconds
 - ➡ Emit IR Code: Power Off on Sala->LED RGB
 - ➡ Emit IR Code: Power Off on Home Theater->LED Branco
 - ➡ Turn on the Sala->Lateral Sala
 - ➡ delay 2 seconds
 - ➡ Turn off the Sala->Lateral Sala
 - ➡ Turn on the Quarto->Sanca
 - ➡ delay 2 seconds
 - ➡ Turn off the Quarto->Sanca
 - ➡ Turn on the Quarto->Lateral Cama
 - ➡ delay 2 seconds

- ➡ Turn off the Sala->Lateral Sala
 - ➡ Turn on the Quarto->Sanca
 - ➡ delay 2 seconds
 - ➡ Turn off the Quarto->Sanca
 - ➡ Turn on the Quarto->Lateral Cama
 - ➡ delay 2 seconds
 - ➡ Turn off the Quarto->Lateral Cama
 - ➡ Turn on the Home Theater->Sofá
 - ➡ delay 2 seconds
 - ➡ Turn off the Home Theater->Sofá
 - ➡ Turn on the Home Theater->Central
 - ➡ delay 2 seconds
 - ➡ Turn off the Home Theater->Central
 - ➡ Turn on the Home Theater->TV
 - ➡ delay 2 seconds
 - ➡ Turn off the Home Theater->TV
 - ➡ Emit IR Code: Power On on Sala->LED RGB
 - ➡ Emit IR Code: STROBE on Sala->LED RGB
 - ➡ delay 5 seconds
 - ➡ Emit IR Code: Power On on Home Theater->LED Branco
 - ➡ Emit IR Code: STROBE on Home Theater->LED Branco
 - ➡ Emit IR Code: Power On on Sala->LED RGB
 - ➡ Emit IR Code: FLASH on Sala->LED RGB
 - ➡ delay 19 seconds
 - ➡ Emit IR Code: SMOOTH on Home Theater->LED Branco
 - ➡ Emit IR Code: SMOOTH on Sala->LED RGB
 - ➡ delay 15 seconds
 - ➡ Emit IR Code: Power Off on Sala->LED RGB
 - ➡ Emit IR Code: Power Off on Home Theater->LED Branco
 - ➡ delay 4 seconds
-
- ➡ Turn off the Home Theater->Sofá
 - ➡ delay 1 second
 - ➡ Turn off the Home Theater->Sofá
 - ➡ Turn on the Sala->Lateral Sala
 - ➡ delay 1 second
 - ➡ Turn off the Sala->Lateral Sala
 - ➡ delay 1 second
 - ➡ Turn on the Sala->Lateral Sala
 - ➡ delay 1 second
 - ➡ Turn off the Sala->Lateral Sala
 - ➡ delay 1 second
 - ➡ Turn on the Sala->Lateral Sala
 - ➡ delay 1 second
 - ➡ Turn off the Sala->Lateral Sala
 - ➡ Emit IR Code: Power On on Home Theater->LED Branco
 - ➡ Emit IR Code: FLASH on Home Theater->LED Branco
 - ➡ delay 4 seconds
 - ➡ Emit IR Code: Power Off on Home Theater->LED Branco
 - ➡ Emit IR Code: Power On on Sala->LED RGB
 - ➡ Emit IR Code: VERMELHO on Sala->LED RGB
 - ➡ delay 10 seconds
 - ➡ Emit IR Code: Power On on Home Theater->LED Branco
 - ➡ Emit IR Code: SMOOTH on Sala->LED RGB
 - ➡ Emit IR Code: SMOOTH on Home Theater->LED Branco
 - ➡ delay 500 milliseconds
 - ➡ Turn on the Sala->Lateral Sala
 - ➡ delay 500 milliseconds
 - ➡ Turn off the Sala->Lateral Sala
 - ➡ delay 32 seconds
 - ➡ Emit IR Code: Power Off on Sala->LED RGB
 - ➡ Emit IR Code: Power Off on Home Theater->LED Branco

Fonte: Autoria própria (2016)

APÊNDICE C – PROGRAMAÇÃO DE CENA ATIVADA POR TABLET

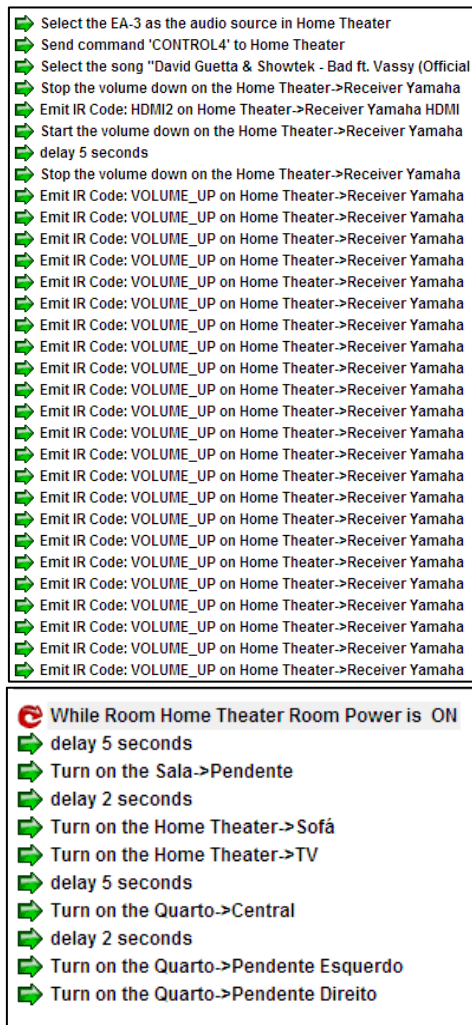
O Apêndice C representa a pré-programação para controla de cena através de dispositivo móvel. Utilizando um tablet é possível dimerizar iluminação, ligar áudio e vídeo e controlar o volume de home theater.

<ul style="list-style-type: none"> ➡ delay 3 seconds ➡ Set Level on the Sala->Lateral Sala to 40 ➡ delay 3 seconds ➡ Set Level on the Home Theater->Sofá to 50 ➡ delay 5 seconds ➡ Set Level on the Home Theater->Central to 50 ➡ delay 5 seconds ➡ Turn on the Quarto->Sanca ➡ Turn on the Quarto->Lateral Cama
<ul style="list-style-type: none"> ➡ Activate Lighting Scene "Desligar tudo" ➡ Turn On the Home Theater->Receiver Yamaha ➡ Turn on the Home Theater->TV ➡ Select the EA-3 as the audio source in Home Theater ➡ Send command 'CONTROL4' to Home Theater ➡ Select the song "O Rappa - Súplica Cearense (Ao Vivo)" in Home Theater ➡ Stop the volume down on the Home Theater->Receiver Yamaha ➡ Emit IR Code: HDMI2 on Home Theater->Receiver Yamaha HDMI ➡ Start the volume down on the Home Theater->Receiver Yamaha ➡ delay 5 seconds ➡ Stop the volume down on the Home Theater->Receiver Yamaha ➡ Emit IR Code: VOLUME_UP on Home Theater->Receiver Yamaha ➡ Emit IR Code: VOLUME_UP on Home Theater->Receiver Yamaha ➡ Emit IR Code: VOLUME_UP on Home Theater->Receiver Yamaha ➡ Emit IR Code: VOLUME_UP on Home Theater->Receiver Yamaha ➡ Emit IR Code: VOLUME_UP on Home Theater->Receiver Yamaha ➡ Emit IR Code: VOLUME_UP on Home Theater->Receiver Yamaha ➡ Emit IR Code: VOLUME_UP on Home Theater->Receiver Yamaha ➡ Emit IR Code: VOLUME_UP on Home Theater->Receiver Yamaha
<ul style="list-style-type: none"> ➡ Send command 'Pulse Volume down' to Home Theater ➡ Send command 'Pulse Volume down' to Home Theater ➡ Send command 'Pulse Volume down' to Home Theater ➡ Send command 'Pulse Volume down' to Home Theater ➡ Send command 'Pulse Volume down' to Home Theater ➡ Send command 'Pulse Volume down' to Home Theater ➡ Send command 'Pulse Volume down' to Home Theater

Fonte: Autoria própria (2016)

APÊNDICE D – PROGRAMAÇÃO DE CENA ATIVADA POR SENSOR DE PRESSÃO

Este apêndice relata a programação para cena ativada a partir de sensor de pressão. Desta maneira, ao sentar-se é possível que se ligue o *blueray* ou Home Theater com controle de volume do mesmo já pré-determinado. Ocorre também dimerização de iluminação e ascendimento das não dimerizáveis, como ligação da central de ar condicionado, simbolizando o ambiente pós-trabalho.



Fonte: Autoria própria (2016)