



UNIVERSIDADE DO ESTADO DA BAHIA
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM SISTEMAS DE INFORMAÇÃO

CARLOS LEONARDO LACERDA HONORATO BARBOSA

**UMA ARQUITETURA PARA CONTROLE CENTRALIZADO E DISTRIBUÍDO DE
AR CONDICIONADO**

SALVADOR - BAHIA

2017

CARLOS LEONARDO LACERDA HONORATO BARBOSA

UMA ARQUITETURA PARA CONTROLE CENTRALIZADO E DISTRIBUÍDO DE AR
CONDICIONADO

Monografia apresentada ao curso de Sistemas de Informação do Departamento de Ciências Exatas e da Terra da Universidade do Estado da Bahia- UNEB, como requisito parcial à obtenção do grau de bacharel em Sistemas de Informação. Área de Concentração: Sistemas embarcados

Orientador: Prof. Dr. Evangivaldo Almeida Lima

SALVADOR - BAHIA

2017

CARLOS LEONARDO LACERDA HONORATO BARBOSA

UMA ARQUITETURA PARA CONTROLE CENTRALIZADO E DISTRIBUÍDO DE AR
CONDICIONADO

Monografia apresentada ao curso de Sistemas de Informação do Departamento de Ciências Exatas e da Terra da Universidade do Estado da Bahia- UNEB, como requisito parcial à obtenção do grau de bacharel em Sistemas de Informação. Área de Concentração: Sistemas embarcados

Aprovada em:

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Evangivaldo Almeida Lima (Orientador)
Universidade do Estado da Bahia – UNEB

Prof. Dr. Paulo James de Oliveira
Universidade do Estado da Bahia – UNEB

Prof. Msc. Milton Bastos de Souza
Centro Integrado de Manufatura e Tecnologia - SENAI-CIMATEC

A minha avó (in memoriam).

AGRADECIMENTOS

Antes de todos, agradeço aos meus pais e familiares que sempre me apoiaram nessa jornada.

Aos professores do laboratório de automação, Evangivaldo Almeida Lima, Paulo James de Oliveira e Milton Bastos de Souza pelas orientações.

Agradeço também aos colegas e professores do curso.

RESUMO

Os aparelhos de ar condicionado tem sido muito úteis nas questões de controle de temperatura e umidade, porém o mau uso desses aparelhos acabam gerando um desperdício de energia e acarreta em uma menor vida útil dos mesmos. Um sistema de controle automático pode resolver essas questões ou mitigá-los. Com um controle via web o sistema ainda se torna mais cômodo para os usuários. Este trabalho se propõe a desenvolver um projeto para a implementação de um sistema embarcado usando o Arduino para controle direto, uma rede Wifi para comunicação e o Django para a interface web com os usuários, possibilitando um uso mais eficiente dos aparelhos de ar condicionados pensando tanto para os usuários quanto para os administradores.

Palavras-chave: Arduino. Sistemas Embarcado. Web

ABSTRACT

Temperature control devices have been very useful in the areas of temperature and humidity control, but the misuse of devices end up generating a waste of energy and leads to a shorter service life. An automatic control system can help solve these issues or mitigate them. With a control via web the system is even more comfortable for users. This work proposes a project for an implementation of an embedded system using Arduino for direct control, a wifi network for communication and Django for a web interface with the users, enabling a more efficient use of the conditioning devices thinking in both users and for administrators.

Keywords: Arduino.Embed Systems.Web.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Placa básica do Arduino modelo UNO revisão 3.	12
Figura 2 – IDE do Arduino com um código pra piscar um <i>Light Emitting Diode</i> (LED) conectado no pino 13 em intervalos de 2 segundos.	13
Figura 3 – Ciclo básico de refrigeração em duas unidades.	15
Figura 4 – Modelo de funcionamento de um aparelho de ar condicionado	17
Figura 5 – Esquema de ligação do Arduino acionando um motor de 220v.	18
Figura 6 – Tela com a lista de aparelhos	18
Figura 7 – Tela com as configurações do aparelho	19
Figura 8 – Interface de teste do Firmata no Linux.	20

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- IDE *Integrated development environment*
- IEEE *Institute of Electrical and Electronics Engineers*
- LED *Light Emitting Diode*

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
1.1	OBJETIVOS	11
1.2	ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO	11
2	REVISÃO TEÓRICA	12
2.1	SISTEMAS DE CONTROLE	12
2.2	ARDUINO: UMA FERRAMENTA PARA CONTROLE	12
2.3	MÓDULO DO ARDUINO	13
2.3.1	Módulo DHT11	14
2.4	AR CONDICIONADO	14
2.5	REDES DE PETRI: UMA FERRAMENTA DE MODELAGEM	15
3	TRABALHOS RELACIONADOS	16
4	METODOLOGIA	17
5	RESULTADOS E CONCLUSÕES	21
5.1	LIMITAÇÕES	21
5.2	TRABALHOS FUTUROS	21
	REFERÊNCIAS	22

1 INTRODUÇÃO

No início do século XX, um engenheiro estadunidense de 25 anos chamado Willis Carrier, deu os primeiros passos para chegar ao que chamamos hoje de aparelho ar condicionado. O objetivo inicial dele era controlar os níveis de umidade e temperatura no ambiente usando para isso dutos resfriados artificialmente. Nesse momento ele criou o primeiro ambiente com condicionamento de ar o conhecido ar condicionado. Foi também neste período que os aparelhos de ar condicionado foi popularizado trazendo grandes impactos, principalmente em áreas industriais e áreas de grande concentração de pessoas, tais como cinemas, bancos, hospitais. Nesses ambientes, os dias de verão são caracterizados por serem bastante quentes e com pouca umidade, dificultando o desenvolvimento do trabalho das pessoas. Por essa razão, era comum muitas empresas precisarem dar férias coletivas aos seus funcionários, o que também ocorria em cinemas e teatros que acabavam ficando mais vazios. As casas naquela época eram feitas com grandes varandas para aproveitar a ventilação. Após a popularização do ar condicionado tudo isto mudou, as fábricas podiam operar por mais tempo com um controle básico de umidade e temperatura, cinemas e teatros ganharam muito mais visitantes procurando a comodidade do ar refrigerado, a arquitetura dos ambientes públicos também mudaram sendo mais fechados.(WEBARCONDICIONADO, 11 de Abril de 2017)

Ao longo do século XX os aparelhos de ar condicionado evoluíram de forma significativa. Duas plataformas de controle se desenvolveram ao longo desse tempo, uma sendo de forma centralizada, que controla diversos sistemas de um ponto e outro distribuída, em que cada sistema é responsável por seu controle. Neste trabalho serão aplicados as abordagens de controle centralizado e distribuída aplicadas ao sistema de controle de aparelhos de ar condicionado que se encontra no laboratório de Elétrica e Automação da UNEB, campus de Salvador, o qual não possui um sistema de controle centralizado e distribuído.

A proposta deste trabalho é possibilitar a criação de um sistema para controle de ar condicionado através de aparelhos de celular ou computadores e notebooks pela rede com o mínimo de controle de acesso e também possibilitar mais facilidades ao gerenciamento destes aparelhos levando em conta as questões de manutenções, e informações mais próximas do real, como o tempo exato que ficou ligado e a análise de gasto de energia como meio de supervisão do estado dos aparelhos.

1.1 OBJETIVOS

O objetivo geral deste trabalho é o desenvolvimento de uma arquitetura para controle e supervisão de sistemas de ar condicionado.

Tal objetivo será alcançado através das etapas:

- Revisão bibliográfica;
- Modelagem da proposta;
- Validação do modelo;
- Criação do protótipo;
- Validação da proposta;

Será desenvolvido um protótipo, que deverá controlar um aparelho de ar condicionado, em todas as suas funções e possuir uma interface web com controle de acesso.

1.2 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

No capítulo 2 é apresentado uma revisão teórica sobre a plataforma de prototipagem Arduino, suas características de funcionamento e sua integração com o módulo Wifi. Também será apresentado o ciclo de funcionamento do controle de temperatura. No capítulo 3 são apresentados os principais trabalhos relacionados. O capítulo 4 apresenta a metodologia do trabalho. No capítulo 5 será apresentado o resultado e a conclusão.

2 REVISÃO TEÓRICA

2.1 SISTEMAS DE CONTROLE

Segundo Cassandras e Lafortune (2009), diante de varias definições de sistemas o que fica em comum entre elas é a interação entre componentes e uma "função" que ele deve executar. Também não se deve associar sistemas apenas a objetos físicos ou leis naturais, já que a teoria de sistemas pode descrever mecanismos econômicos e modelar comportamentos humanos.

2.2 ARDUINO: UMA FERRAMENTA PARA CONTROLE

O Arduino é uma plataforma feita para entusiastas em tecnologia, para fazer protótipos de baixo custo. Segundo Monk (2013), o Arduino¹ foi projetado em 2005 para uso escolar, sendo desde o início baseado em hardware e software aberto, tendo sua linguagem de programação parecida com C/C++ e sua *Integrated development environment* (IDE)(Ambiente de desenvolvimento integrado) baseada no Wiring² e no Processing³. Na figura 1 é ilustrado o modelo Uno do Arduino e na figura 2 a IDE de desenvolvimento do mesmo.

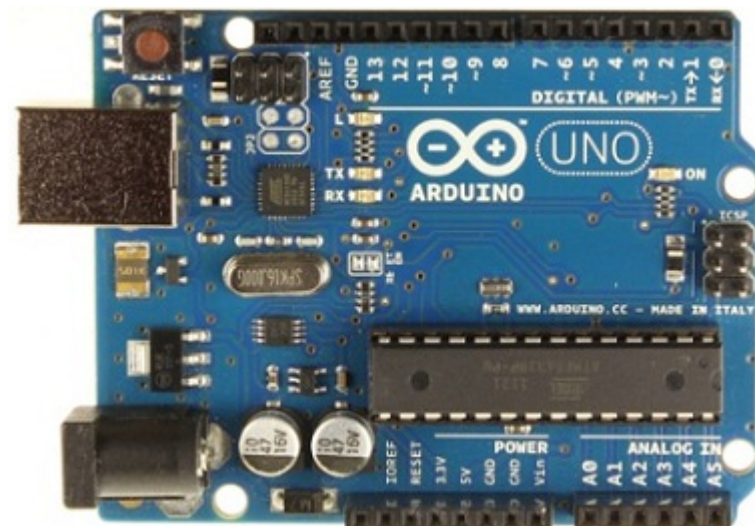


Figura 1 – Placa básica do Arduino modelo UNO revisão 3.

Fonte: (ARDUINO, 11 de Abril de 2005)

¹ <http://arduino.cc>

² <http://wiring.org.co>

³ <http://processing.org>

Usando o microcontrolador da família ATmega da ATmel⁴, além disso possui vários pinos de Entrada/Saída digitais, entradas analógicas e portas de comunicação que permitem a interação com o ambiente, permitindo uma grande gama de atividades como leitura de dados do ambiente através de sensores, acionamento de dispositivos como lâmpadas e até motores, também tem comunicação com a internet possibilitando assim salvar dados do ambiente na nuvem ou ler uma mensagem na internet e executar algum comando.



```
Arduino IDE - Blink | Arduino 1.8.1
Arquivo Editar Sketch Ferramentas Ajuda
Blink
#define LED 13

void setup() {
  pinMode(LED, OUTPUT);
}

void loop() {
  digitalWrite(LED, HIGH);
  delay(1500);
  digitalWrite(LED, LOW);
  delay(500);
}

Arduino/Genuino Uno em COM4
```

Figura 2 – IDE do Arduino com um código pra piscar um LED conectado no pino 13 em intervalos de 2 segundos.

2.3 MÓDULO DO ARDUINO

O Arduino possui vários módulos compatíveis com sua arquitetura para aumentar suas funções, como o módulo relé que torna o controle de aparelhos de alta tensão ao Arduino

⁴ <http://www.atmel.com/pt/br>

entre outros módulos. Um destes módulos é o ESP8266 que embora seja um microcontrolador com sistema Wifi próprio ele pode ser utilizado como um módulo de expansão do Arduino permitindo a comunicação pelo padrão *Institute of Electrical and Electronics Engineers* (IEEE) 802.11. (OLIVEIRA, 2017)

2.3.1 Módulo DHT11

Segundo Krishnamurthi et al. (2015), o módulo DHT11 serve para mensurar os níveis de umidade e temperatura do ambiente, podendo retornar esses valores em analógico ou digital de forma a simplificar a tratamento dessas variáveis no Arduino.

2.4 AR CONDICIONADO

Segundo Cunha (2013), os aparelhos de ar condicionado funcionam com base em ciclos em que um gás refrigerante (fluido que transporta o calor) sofre alterações de estado devido as mudanças de calor e pressão para que o ambiente atinja a temperatura desejada, seja no ciclo de aquecimento ou de resfriamento sendo que o fluxo de aquecimento é segue o fluxo reverso do de resfriamento.

Esse ciclo se divide em quatro partes básicas como observado na figura 3, sendo eles:

- Compressão, o compressor suga o gás refrigerante da unidade evaporadora e o comprime para a unidade de condensação;
- Condensação, o condensador recebe o gás em alta pressão do compressor, leva o gás para uma fonte de resfriamento e o transforma em líquido;
- Expansão, onde a pressão do fluido é reduzida através de uma expansão isoentálpica;
- Evaporação, nesta fase que o fluido volta ao estado de gás, vai para o compressor e começa um novo ciclo.

Os modelos do tipo split separam essas fases em duas unidades, condensadora e evaporadora, dessa forma ficando mais silencioso para o usuário.

A figura 3 ilustra o processo de resfriamento, que se inicia quando a unidade evaporadora ativa o ventilador para que o fluido refrigerante troque de calor com o ambiente, após isso o compressor atua sugando o fluido da unidade evaporadora para a unidade condensadora em

alta pressão para que seja resfriado. O fluido na unidade condensadora, que esta em alta pressão, vai ser resfriado por troca de calor forçada com o ambiente externo, transformando-se em liquido depois volta para a unidade evaporadora pela linha de expansão que abaixa a pressão resfriando mais ainda o fluido iniciando um novo ciclo.

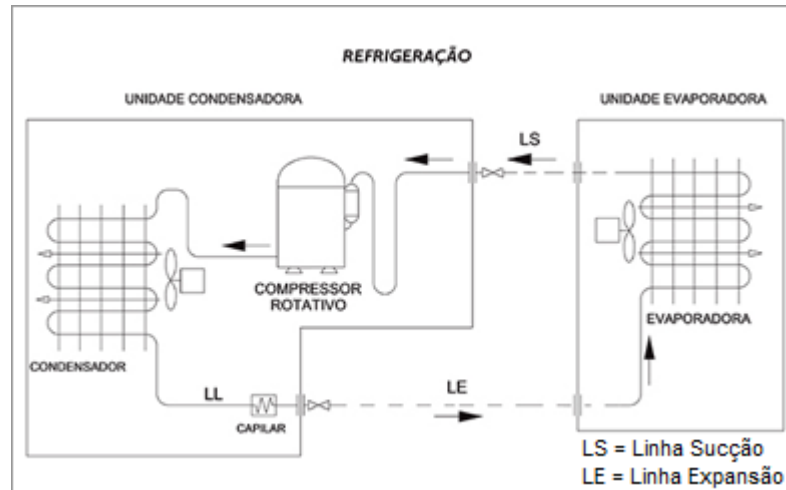


Figura 3 – Ciclo básico de refrigeração em duas unidades.

Fonte: (CICLO..., 31 de Agosto de 2017)

2.5 REDES DE PETRI: UMA FERRAMENTA DE MODELAGEM

Segundo Cardoso e Valette (1997), a Redes de Petri, de uma maneira informal, em sua definição básica tem três elementos, que são:

- Lugar, representado por um círculo, que pode ser interpretado como uma condição pra um evento, o estado parcial do sistema, ou a quantidade de um material;
- Transição, representada por barra ou retângulo, é associada a um evento que ocorre no sistema, como consumo de um material ou alteração do estado do sistema;
- Ficha ou Marca, representado por um ponto num lugar,

3 TRABALHOS RELACIONADOS

No trabalho Cunha (2013), é desenvolvido um protótipo que pode substituir a placa de controle eletrônico do aparelho de ar condicionado. Para isso ele usa o Arduino e uma rede sem fio ZigBee para comunicação entre as partes do sistema e a rede Wifi para comunicar com o aparelho do usuário, além disso ele cria uma interface simples em Java para interagir com o usuário, com controle de temperatura e ventilação para interação com o usuário. Por fim, ele propõe como trabalho futuro o uso de um controle de acesso.

Já no trabalho Cruz (2013), é usada uma rede de sensores sem fio com três tipos de nós: um para controlar o aparelho de ar condicionado, outro para coordenar a rede e um para medir a temperatura. Desta forma, obtém-se uma medida de temperatura, sobre o ambiente específico, mais apurada embora tenha uma sobrecarga de dados. Para contornar esse problema é feito com que o nó de controle tenha uma certa autonomia para reduzir o fluxo de dados com o servidor, com essa abordagem evita-se que o sistema seja interrompido por falha do servidor. Também utiliza o Arduino e uma rede sem fio ZigBee.

Nosso trabalho diferencia-se desses trabalhos apresentados com a utilização do Arduino como placa de controle do ar condicionado e usando o modulo ESP8266 para comunicação pelo padrão IEEE 802.11 entre as partes do sistema e os usuários. Através de um servidor em Python com Django servindo de interface do sistema para o usuário e controlador dos aparelhos de ar condicionado.

4 METODOLOGIA

Para o desenvolvimento deste projeto foram usados o Arduino Uno Rev.3 e o Python versão 2.7.11 com o módulo Django versão 3.11.5, que permite o desenvolvimento de sistemas web de forma modular e ele também auxilia nas questões de acesso de usuário e persistência de dados.

O modelo de funcionamento básico de um aparelho começa com a energização do aparelho e espera do sinal para o seu acionamento, assim que recebido são feitas verificações e comparações da temperatura interna e desejada para regular a temperatura do ambiente, seja aquecimento ou resfriamento dependendo do aparelho, como mostra a figura 4.

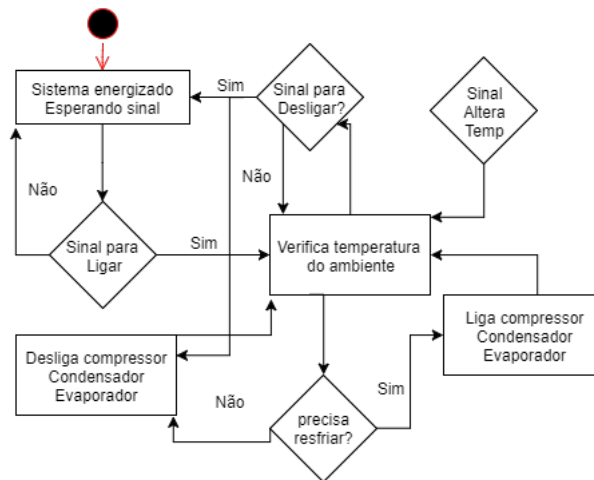


Figura 4 – Modelo de funcionamento de um aparelho de ar condicionado

Após o levantamento teórico foram feitos teste com o Arduino e alguns de seus módulos para simular o acionamento e controle de partes do sistema. Primeiro foi o modulo relé que foi usado para fazer um teste de controle liga e desliga de um LED de 220 volts, em que uma fase foi ligada diretamente no terminal do LED e no outro terminal foi feita a ligação com o relé e a fase, com o exito desse teste, prosseguimos para o teste com dois módulos relé para acionar um motor bifásico, dessa vez cada uma das fases passaram por um relé, como simulação de ativação do compressor de um aparelho de ar condicionado, como mostra no esquema da figura 5. Depois disso foram feitos testes com o módulo DHT11 para a obtenção dos dados de temperatura e umidade, usando uma entrada analógica do Arduino para fazer a leitura dos dois dados em sequencia.

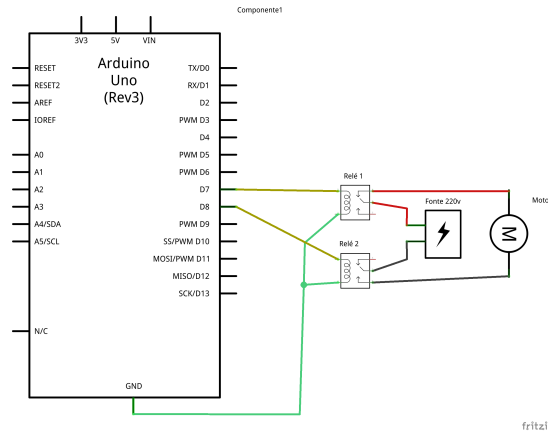


Figura 5 – Esquema de ligação do Arduino acionando um motor de 220v.

Fonte: imagem criada usando o Fritzing¹.

Após isso foi implementado o módulo web, que serve de interface com os usuários como mostra nas figuras 6 e 7, usando o Django para fazer os módulos de forma separada.

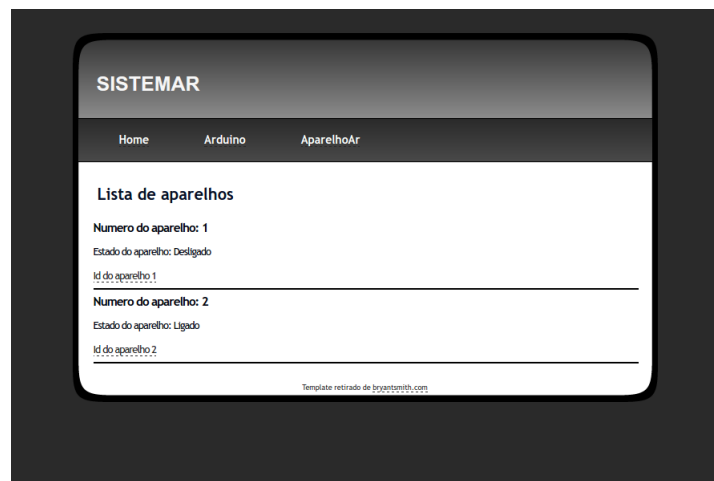


Figura 6 – Tela com a lista de aparelhos

¹ Site oficial fritzing.org



Figura 7 – Tela com as configurações do aparelho

Depois foi desenvolvido o módulo web através da conexão do Arduino com o Python, usando o Firmata, que segundo Steiner (2009) é um protocolo genérico para comunicação entre microcontroladores e um software em um computador de forma tão simplificada que o microcontrolador funcione como uma extensão do computador, na figura 8 é apresentada a interface de teste padrão do Firmata.

Usando módulo Pyfirmata do Python para trabalhar com o Firmata foi possível estabelecer a conexão com o Arduino sendo possível controlar os pinos de entrada e saída tanto digitais como analógicas através da interface web e com isso foi possível implementar a logica de controle como o do modelo da figura 4, fazendo assim módulo web e o controlador.

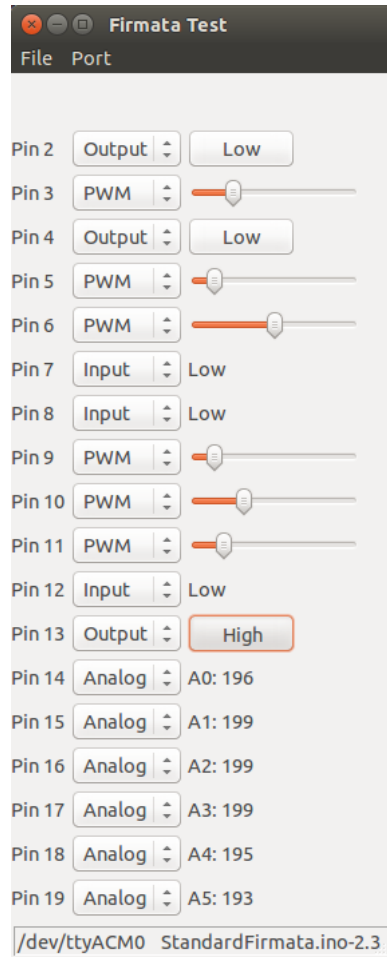


Figura 8 – Interface de teste do Firmata no Linux.

5 RESULTADOS E CONCLUSÕES

Como resultado do trabalho foram gerados os módulos de controle e interface para condicionadores de ar de forma automatizada mediante identificação de usuário, contudo não foi alcançado o recurso de comunicação via rede Wifi pelo padrão 802.11.

5.1 LIMITAÇÕES

Uma limitação do trabalho é o fato de que os aparelhos só podem ser controlados pelo sistema, o que antes podia ser feito pelo controle remoto via infravermelho.

5.2 TRABALHOS FUTUROS

Como trabalho futuro ficou faltando adicionar o módulo de supervisão para auxiliar nas questões de manutenção dos aparelhos. Também ficou faltando testar o controle de outros tipos de equipamento aproveitando a modularidade do Django a fim de fazer integração com outros sistemas como em um edifício inteligente. Outra sugestão é a análise de segurança do sistema contra invasões e a tolerância a falhas.

REFERÊNCIAS

- ARDUINO. 11 de Abril de 2005. Acessado em 11 de Abril de 2017. Disponível em: <<https://www.arduino.cc>>.
- CARDOSO, J.; VALETTE, R. **Redes de petri**. [S.l.]: Editora da UFSC, 1997.
- CASSANDRAS, C. G.; LAFORTUNE, S. **Introduction to discrete event systems**. [S.l.]: Springer Science & Business Media, 2009.
- CICLO De Refrigeração. 31 de Agosto de 2017. Acessado em 31 de Agosto de 2017. Disponível em: <<https://www.arcondicionado.com.br/duvidas-de-ar-condicionado>>.
- CRUZ, M. M. da. **Climaduino: sistema embarcado de climatização para edifícios inteligentes**. Tese (Monografia) — Universidade Federal do Ceará, 2013.
- CUNHA, T. F. da. **Controle centralizado de equipamentos de ar condicionado via rede sem fio Zigbee**. Tese (Monografia) — Instituto Federal de Santa Catarina, 2013.
- KRISHNAMURTHI, K.; THAPA, S.; KOTHARI, L.; PRAKASH, A. Arduino based weather monitoring system. **International Journal of Engineering Research and General Science**, v. 3, n. 2, p. 452–458, 2015.
- MONK, S. **Programação com Arduino: Começando com Sketches-Série Tekne**. [S.l.]: AMGH Editora, 2013.
- OLIVEIRA, R. R. **USO DO MICROCONTROLADOR ESP8266 PARA AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL**. Tese (Monografia) — Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2017.
- STEINER, H.-C. Firmata: Towards making microcontrollers act like extensions of the computer. In: **NIME**. [S.l.: s.n.], 2009. p. 125–130.
- WEBARCONDICIONADO. **A História do Ar Condicionado**. 11 de Abril de 2017. Disponível em: <<http://www.webarcondicionado.com.br/a-historia-do-ar-condicionado>>.