

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS  
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**ANDREY MATHEUS DOS SANTOS**

**MONITORAMENTO DE TEMPERATURA ATRAVÉS DE UM SISTEMA EM-  
BARCADO, A BAIXO CUSTO, NA UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS  
- SERTÃO**

**DELMIRO GOUVEIA**

**(2017)**

**ANDREY MATHEUS DOS SANTOS**

**MONITORAMENTO DE TEMPERATURA ATRAVÉS DE UM SISTEMA EM-  
BARCADO, A BAIXO CUSTO, NA UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS  
- SERTÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro de Produção, do Departamento Acadêmico de Engenharia da Universidade Federal de Alagoas.

Orientador: Prof. Francirley Silva

**DELMIRO GOUVEIA**

**(2017)**

S237m Santos, Andrey Matheus dos

Monitoramento de temperatura através de um sistema em  
barcado, a baixo custo, na Universidade Federal de Alagoas –  
Sertão / Andrey Matheus dos Santos Aquino – 2017.

85 f.: il.

Monografia (Engenharia de Produção) – Universidade  
Federal de Alagoas, Delmiro Gouveia, 2017.

Orientação: Prof<sup>o</sup> Francirley Paz da Silva.

1. Monitoramento da temperatura. 2. Eficência energética.  
I. Título. II. Universidade Federal de Alagoas.

CDU 53.08 (813.5)

**ANDREY MATHEUS DOS SANTOS**

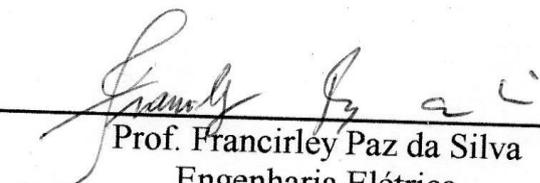
**MONITORAMENTO DE TEMPERATURA ATRAVÉS DE UM SISTEMA EM-  
BARCADO, A BAIXO CUSTO, NA UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS  
- SERTÃO**

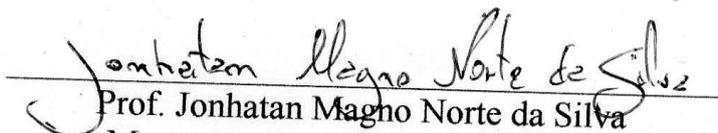
Este Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação foi julgado e aprovado como requisito parcial para a obtenção do Título de Engenheiro Produção, do curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Alagoas – Sertão (UFAL).  
Alagoas,

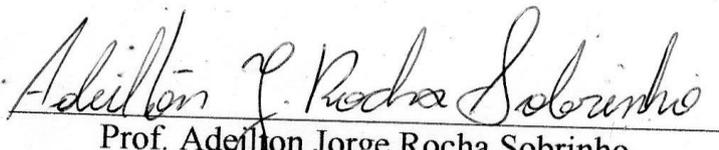
2017.

Local, 16 de Novembro de

**BANCA EXAMINADORA**

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Francirley Paz da Silva  
Engenharia Elétrica  
Mestre em Energia da Biomassa

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Jonhatan Magno Norte da Silva  
Mestre em Engenharia de Produção

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Adeilton Jorge Rocha Sobrinho  
Engenheiro Eletricista

*A Deus,*

*A todos os meus familiares e amigos.*

## **AGRADECIMENTOS**

Antes de tudo a Deus por tudo que me foi concedido e pelas oportunidades que me foram dadas. O professor Francirley Silva, por sua orientação, motivação e disponibilidade durante todo o tempo de trabalho. Aos professores do Departamento de Engenharia de Produção bem como aos técnicos e funcionários do departamento responsáveis diretamente ou indiretamente pela minha formação.

Aos meus amigos e colegas de graduação que contribuíram em forma de apoio, amizade e auxílio em forma de repasse de conhecimento para a realização deste trabalho e para minha formação.

A todos os meus familiares, em especial aos meus pais e irmãs, por todo suporte e companheirismo em todos os momentos da minha vida. A todas as pessoas que por motivo de esquecimento não foram citadas anteriormente agradeço também da mesma forma.

## RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo o desenvolvimento de um sistema de monitoramento de temperatura, em sistemas de refrigeração, para fins de aplicação em âmbito educacional e industrial através dos conceitos de eficiência energética. O sistema é composto basicamente de partes distintas, que são: o módulo WiFi, o sensor de temperatura e umidade e a plataforma online. O kit desenvolvido é de baixo custo e simples ao ponto de ser possível sua reprodução dentro de qualquer universidade. A partir de uma amostra de registros de temperatura e umidade coletados durante 12 dias, foi possível mapear os períodos de alterações climáticas e realizar medidas para economizar e diminuir a conta de energia.

**Palavras-chave:** eficiência energética, prototipagem a baixo custo, monitoramento, micro controladores

## **ABSTRACT**

The present work has the objective of developing a temperature monitoring system in refrigeration systems for application in the educational and industrial sphere through the concepts of energy efficiency. The system is composed basically of different parts, which are: the WiFi module, the temperature and humidity sensor and the online platform. The kit developed is low cost and simple to the point of being possible to reproduce within any university. From a sample of temperature and humidity records collected during 12 days, it was possible to map the periods of climate change and to take measures to save and reduce the energy bill.

**Key words:** energy efficiency, low cost prototyping, monitoring, microcontrollers

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1: EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NA ILUMINAÇÃO .....	36
TABELA 2: VANTAGENS E DESVANTAGENS DOS SISTEMAS DE CLIMATIZAÇÃO.....	44
TABELA 3: RENDIMENTO DE APARELHOS AR CONDICIONADO.....	45
TABELA 4: TRABALHOS ACADÊMICOS RELACIONADOS A EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E AUTOMAÇÃO A BAIXO CUSTO.....	56
TABELA 5: TESTE DE KRUSKAL-WALLIS ENTRE OS DOZE DIAS.....	71
TABELA 6: ESPECIFICAÇÕES DO APARELHO DE AR CONDICIONADO.....	74
TABELA 7: HORÁRIOS DAS AULAS NA SALA DE AULA, AS CORES INDICAM QUE OCORRE AULA.....	74
TABELA 8: CONSUMO DE ENERGIA NO APARELHO DE AR CONDICIONADO.....	75
TABELA 9: MÉDIA DE TEMPERATURA A CADA HORA .....	75
TABELA 10: CONSUMO DE ENERGIA APÓS O USADA NR-17 .....	76
TABELA 11: CÓDIGO FONTE UTILIZADO NO SITE TINKERCAD.....	77

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 : SELO PROCEL DE ECONOMIA DE ENERGIA (À ESQUERDA) E ETIQUETA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA (À DIREITA) .....	29
FIGURA 2: LINHA DO TEMPO DOS PRINCIPAIS MARCOS REGULATÓRIOS BRASILEIROS NA ÁREA DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA .....	31
FIGURA 3: ESTRATIFICAÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA POR SETOR DESDE 1970 A 2012.....	34
FIGURA 4: PERCENTUAL DE CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA POR SETOR.....	35
FIGURA 5: PERCENTUAL DE ELETRICIDADE CONSUMIDA DO TOTAL DE ENERGIA CONSUMIDA PELO SETOR RESIDENCIAL.....	35
FIGURA 6: DEMANDA POR ENERGIA RESIDENCIAL POR USO FINAL.....	41
FIGURA 7: MÓDULO ESP8266 .....	50
FIGURA 8: VARIANTES DO ESP8266.....	51
FIGURA 9: PINAGEM DO ESP8266 .....	51
FIGURA 10: COMPARAÇÃO DE CONSUMO DE ENERGIA DO ESP8266 .....	52
FIGURA 11: ESQUEMÁTICO DO ESP8266 .....	53
FIGURA 12: SENSOR DHT11 ESUA PINAGEM .....	53
FIGURA 13: ESQUEMA DE LIGAÇÃO DO DHT11 .....	54
FIGURA 14: PROTÓTIPO UTILIZADO PARA A COLETA DE DADOS .....	60
FIGURA 15: ARQUIVO CRIADO CSV PELO THINGSPEAK™ .....	61
FIGURA 16: CIRCUITO DE ADEQUAÇÃO DOS SISTEMAS.....	62
FIGURA 17: GRÁFICOS DE ONZE DIAS DE AMOSTRAS DA VARIAÇÃO DA TEMPERATURA .....	62
FIGURA 18: TEMPERATURA DO PRIMEIRO DIA .....	63
FIGURA 19: TEMPERATURA DO SEGUNDO DIA .....	64
FIGURA 20: TEMPERATURA DO TERCEIRO DIA.....	64
FIGURA 21: TEMPERATURA DO QUARTO DIA.....	64
FIGURA 22: TEMPERATURA DO QUINTO DIA .....	64
FIGURA 23: TEMPERATURA DO SEXTO DIA .....	65
FIGURA 24: TEMPERATURA DO SÉTIMO DIA .....	65
FIGURA 25: TEMPERATURA DO OITAVO DIA.....	65
FIGURA 26: TEMPERATURA DO NONO DIA.....	65
FIGURA 27: TEMPERATURA DO DÉCIMO DIA .....	66
FIGURA 28: TEMPERATURA DO DÉCIMO PRIMEIRO DIA .....	66

FIGURA 29: TEMPERATURA DO DÉCIMO SEGUNDO DIA .....	66
FIGURA 30: GRÁFICO DE TEMPERATURA AO LONGOS DIAS .....	67
FIGURA 31: BLOXPLOT DE TEMPERATURAS .....	68
FIGURA 32: HISTOGRAMA E DISTRIBUIÇÃO DAS TEMPERATURAS EM TODOS OS DIAS COLETADOS .....	70
FIGURA 33: SAÍDA DO SOFTWARE ARENA E R QUANTO AO AJUSTE DA DISTRIBUIÇÃO A LOGNORMAL, TESTE QUI-QUADRADO E TESTE DE KOLMOGOROV-SMIRNOV .....	70
FIGURA 34: DISTRIBUIÇÃO DAS TEMPERATURAS DO PRIMEIRO DIA .....	71
FIGURA 35: TESTE DE KRUSKAL-WALLIS PARA OS DOZE DIAS DE DADOS COLETADOS .....	71
FIGURA 36: SIMULAÇÃO NO SITE TINKERCAD (DESLIGADO) .....	76
FIGURA 37: SIMULAÇÃO NO SITE TINKERCAD (LIGADO) .....	77
FIGURA 38: COMPONENTES UTILIZADAS NA SIMULAÇÃO DO TINKERCAD .....	77

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>24</b>
1.1	Considerações Iniciais .....	24
1.1	Objetivos .....	25
1.2	Objetivos Específicos .....	25
1.3	Problemática.....	25
1.4	Método .....	25
<b>2</b>	<b>EFICIÊNCIA ENERGÉTICA .....</b>	<b>27</b>
2.1	Paradigma da eficiência energética.....	27
2.2	Políticas de eficiência energética.....	28
2.2.1	Políticas Nacionais .....	29
2.2.2	Políticas internacionais .....	31
2.3	Consumo de energia.....	32
<b>3</b>	<b>FATORES QUE INFLUENCIAM NA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA.....</b>	<b>36</b>
3.1	Iluminação .....	36
3.2	Refrigeração .....	36
3.3	Fator de Potência .....	38
3.4	Sistemas de Ar Comprimido .....	39
3.5	Eletrodomésticos .....	39
3.6	Sistemas de Controle.....	39
3.6.1	Controle de Temperatura .....	39
3.6.2	Sistemas de climatização .....	40
3.6.3	Norma regulamentadora 17.....	41
3.7	Aparelhos mais comuns de climatização.....	42
3.7.1	Condicionadores de Ar SPLIT2 .....	42
3.7.2	Condicionadores Self-Contained.....	43
3.7.3	Condicionadores de Ar de Janela.....	43

3.8	Eficiência energética nos sistemas de climatização.....	43
4	SISTEMAS DE CONTROLE AUTOMÁTICO DE REFRIGERAÇÃO .....	47
4.1	Prototipagem para a validação de uma ideia .....	47
4.2	Microcontroladores .....	48
4.3	Estrutura para controle de temperatura de baixo custo .....	49
4.3.1	Módulo Serial Wi-Fi ESP8266.....	49
4.3.2	Sensor de temperatura e umidade dth11.....	53
4.4	Plataforma para aquisição e controle de dado .....	54
4.4.1	Internet das coisas (IOT) .....	54
4.4.2	Plataforma open source (código aberto).....	55
4.5	Trabalhos relacionados .....	56
5	DESENVOLVIMENTO PRÁTICO .....	60
6	RESULTADOS E DISCUSSÕES .....	63
6.1	Análise gráfica.....	63
6.2	Análise estatística .....	70
6.3	Consumo energético do aparelho de ar condicionado .....	73
7	RECOMENDAÇÕES .....	76
8	CONCLUSÃO .....	79
9	REFERÊNCIAS .....	80

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 Considerações Iniciais

A busca pelo combate dos desperdícios relacionados ao uso da energia elétrica, fez com que os mais diversos setores comerciais, industriais, públicos e mesmo os clientes residenciais terem investigado, cada vez mais, qualidade, confiabilidade, segurança e economia no uso final da energia. Nesse contexto, o trabalho irá abordar a temática de eficiência energética em sistemas de refrigeração, utilizando dos benefícios da prototipação a baixo custo para torná-lo altamente viável.

Para inserir o contexto de prototipação a baixo custo no cenário de eficiência energética em sistemas de refrigeração será utilizado os recursos mínimos necessários para o funcionamento do sistema, de baixo valor, tais como um módulo Wi-Fi para servir como intermédio, um sensor de temperatura para captar as alterações de temperatura, e uma plataforma online para validar os dados obtidos. A utilização mais abrangente de tais dispositivos tem favorecido a consolidação de várias áreas, entre elas podemos destacar a Internet das Coisas (IoT)<sup>1</sup>. Em um futuro muito breve a maioria dos dispositivos que nos cercam estarão conectados na Internet através de uma grande rede de sensores.

Com a ferramenta desenvolvida nesse projeto será possível o monitoramento relacionado a temperatura e realizar medidas para obter estimativas do consumo energético dos aparelhos de refrigeração, além da realização de metas de consumo e análise de gastos mensais.

Se o projeto for desenvolvido, pessoas e empresas terão uma ferramenta que as ajude a saber quanto cada aparelho está gastando de energia elétrica, estabelecer metas de consumo e exame das variações dos gastos mensais. Tudo isso contribuiu para uma provável redução na conta de energia.

---

<sup>1</sup> Internet das Coisas é uma tradução literal da expressão em inglês Internet of Things., se refere a uma revolução tecnológica que tem como objetivo conectar os itens usados do dia a dia à rede mundial de computadores

## 1.1 Objetivos

O objetivo geral desse trabalho é tornar os aparelhos de refrigeração mais eficiente por meio da utilização de um sistema microcontrolado destinado ao monitoramento das temperaturas em uma Instituição de Ensino Superior localizada no sertão alagoano.

## 1.2 Objetivos Específicos

Monitor a temperatura através de um sistema embarcado

Prototipar através de componentes de baixos custos

Analisar a temática de eficiência energética em sistemas de refrigeração

Verificar sistemas de eficiência energética

## 1.3 Problemática

É possível aumentar a eficiência de aparelhos de refrigeração por meio do monitoramento de temperatura auxiliado por um sistema microcontrolado?

Para se responder esse problema de pesquisa, o estudo foi realizado em salas de aula de uma Instituição de Ensino Superior localizada no sertão alagoano

## 1.4 Método

O atual trabalho, pode ser caracterizada de abordagem quantitativa, por apresentar da compreensão dos textos selecionados. É também considerada como uma pesquisa de investigação teórica, realizada por meio de embasamentos. Além de ser caracterizado como pesquisa em campo experimental, pois o estudo se propõe projetos experimentais a coleta de dados, através de um protótipo.

O processo sistematizado do desenvolvimento da pesquisa, foi dividido em duas etapas: investigação preliminar para maior conhecimento acerca do tema e definição das razões para realização da pesquisa e a seleção de periódicos para a composição da pesquisa.

A execução do trabalho foi baseada no seguinte roteiro de atividades:

- Estudo sobre eficiência energética

- Estudos sobre estruturas de controle, esp8266, a baixo custo
- Desenvolvimento da comunicação do esp8266 com o sensor dht11 e o provedor ThingSpeak™
- Desenvolvimento de um protótipo para a aquisição de dados e monitoramento do controle proposto.
- Cálculo do consumo dos aparelhos de ar condicionado.

### **1.5 Estrutura do Trabalho**

O primeiro capítulo introduz o assunto, demonstra os objetivos do trabalho e a justificativa do tema escolhido.

O Segundo Capítulo apresenta pontos de vista de autores sobre a eficiência energética, quais os valores de consumo energético por setor além de abordar sobre as políticas globais de eficiência energética.

Capítulo terceiro é apresentada estudos sobre os principais fatores que influenciam a eficiência energética, abordando os sistemas de climatização os principais aparelhos, e os indicadores da eficiência energética.

No capítulo quatro traz a introdução sobre a prototipação e apresenta aparelhos de baixo custo e metodologias inteligentes. Já no capítulo cinco são aplicados os conceitos, os materiais utilizados e os métodos, dos capítulos anteriores e onde ocorre o desenvolvimento do projeto.

No sexto capítulo é colocado em prática o projeto.

O sétimo capítulo apresenta os resultados obtidos durante o desenvolvimento do projeto e o oitavo capítulo, as recomendações do trabalho e no nono capítulo a conclusão do trabalho.

## **2 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA**

Eficiência energética é uma atividade que busca melhorar o uso das fontes de energia. A utilização racional de energia chamada também simplesmente de eficiência energética, consiste em usar de modo eficiente a energia para se obter um determinado resultado. Por definição, a eficiência energética consiste da relação entre a quantidade de energia empregada em uma atividade e aquela disponibilizada para sua realização.

### **2.1 Paradigma da eficiência energética**

A energia se apresentada em diversas formas, onde que podem ser convertidas entre si, após por meio de processos de transformação, naturais e artificiais fenômenos constantes na natureza, se identifica a existência de energia, surgindo como resultando, entre outras, na geração de calor ou trabalho.

Para Carlos (2014) a energia é de fundamental importância para a organização econômica e social de todos os países, pois as formas de produção e o consumo energético apresentam uma série de impactos sobre o desenvolvimento econômico, social e o ambiental, fazendo com que os recursos energéticos, e sua utilização, ocupem um papel de destaque no âmbito empresarial, governamental e em áreas de pesquisa.

Sendo um dos principais indicadores de desenvolvimento econômico de qualquer sociedade, o consumo de energia reflete tanto o ritmo de atividade nos setores industrial, comercial e de serviços, quanto a capacidade da população para adquirir bens e serviços tecnologicamente mais avançados (SALAZAR, 2012).

A eficiência energética está vinculada à filiação a alguma tecnologia que reduz o consumo de energia, sem mudança na qualidade do serviço recebido. Para Ruiz-Vega *et al.*, 2015; Sola e Mota, (2015) a eficiência energética é obtida através da relação entre a energia efetivamente consumida e a energia demandada.

Como Aragón; Pamplona e Medina (2013) apresenta, a eficiência energética surge como uma alternativa de diminuir a poluição ambiental, melhorar a competitividade e a produtividade das empresas, resultando em uma medida fundamental para o crescimento sustentável, por meio de instalações mais eficientes.

Quando se trata de eficiência energética, não só envolve os aspectos técnicos, mas também socioeconômicos. Na análise de Vanegas e Botero (2012), moveu-se de conceitos tais como a conservação, economia e uso racional, para uso eficiente de energia. Krüger e Mori (2012) demonstram a eficiência energética como a obtenção de um serviço com baixo dispêndio de energia, onde existe a necessidade de conservar a energia, não apenas para evitar desperdícios, mas para que não sejam necessários novos investimentos em obras de geração.

A eficiência energética tem a capacidade de abordar uma nova forma de pensamento para cientistas, acadêmicos e atores do governo e da indústria, pois, vem demonstrado, através de políticas ambientais, onde a eficiência energética é tratada como um tema social, com vista a assegurar que os ganhos obtidos permitam aumentar o acesso à energia para as pessoas que não a possuem ou não participem de programas sociais (OSAL et al., 2012).

De acordo com Camioto; Rebelatto e Rocha (2016), a eficiência energética de um país poder ser definida através da Equação seguinte, e é chamada de eficiência energética total de fatores (EETF) para o país  $i$ , no tempo  $t$ , uma vez que o índice é estabelecido do ponto de vista da produtividade total de fatores.

$$EETF = 1 - \frac{\text{folga\_input\_energia}(i, t)}{\text{Consumo\_energia\_atual}} \quad (1)$$

Onde quantidade de ajustes totais do input “consumo energético” é considerada como a porção ineficaz de consumo real.

Segundo Fenerich; Costa e lima (2017) os fatores básicos para as pesquisas relacionadas a eficiência energética são: a insegurança no suprimento energético, bem como o aumento de preço, mudanças climáticas e comportamentais. Isso ocorre, pois segundo o mesmo autor, as tecnologias de energia renovável nem sempre são capazes de garantir a solução destes problemas no curto prazo.

A eficiência energética num sentido amplo apresenta uma relação recíproca entre uma função, ou serviço de valor que é fornecida pela energia em função que a energia é utilizada (VANEGAS; BOTERO, 2012).

## 2.2 Políticas de eficiência energética

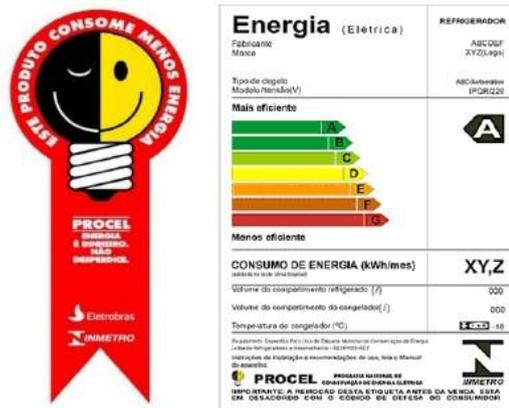
Diversos são os mecanismos de políticas tanto nacionais quanto internacionais no âmbito da promoção da eficiência energética. Estas ferramentas objetivam de facilitar a difusão de tecnologias que permitem enfrentar o problema de crescimento da demanda de energia com restrições na oferta de maneira sustentável economicamente e ambientalmente.

### 2.2.1 Políticas Nacionais

No Brasil, a eficiência energética é um tema bastante abordado, devido a seus problemas hídricos e, conseqüentemente, elétricos. Durante a década de 1980 novos problemas ganharam visibilidade política. Problemas relacionados a crescente utilização de eletricidade, pressões sob a capacidade de oferta do setor industrial ocasionando uma crise financeira, além das preocupações com o meio ambiente e questionamentos relacionados ao desperdício de energia. Os autores Souza; Guerra e Kruger (2011) destacaram-se os seguintes eventos nesse período:

- Programa brasileiro de Etiquetagem (PBE): Coordenado e regulamentado pelo Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO) e tem como objetivo orientar o consumidor indicando os produtos que apresentam os melhores níveis de eficiência energética dentro de cada categoria
- Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL): responsável por indicar aos consumidores os equipamentos e eletrodomésticos disponíveis no mercado nacional que apresentam os maiores índices de eficiência energética.

**Figura 1 : Selo PROCEL de economia de energia (à esquerda) e etiqueta nacional de conservação de energia (à direita)**

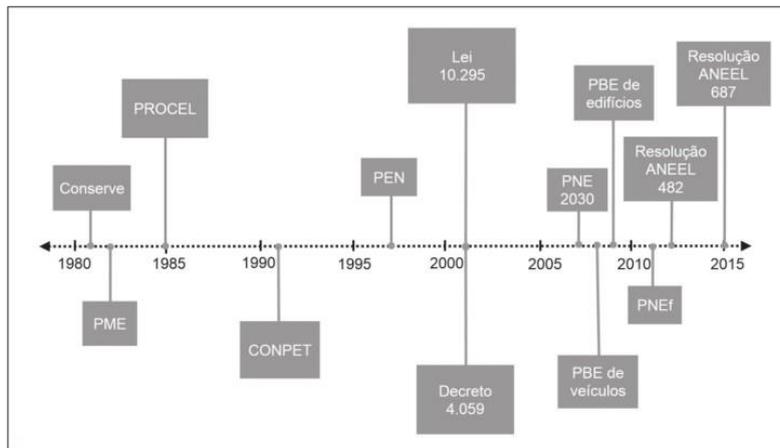


Fonte: Neto e Bianchini (2015)

- Programa Nacional de Conservação de Petróleo e Derivados (CONPET): sua finalidade é promover um consumo eficiente de recursos naturais não renováveis
- No ano de 2004 iniciou-se um processo de reestruturação do planejamento energético no Brasil, definindo-se as principais entidades inseridas ao setor elétrico, bem como suas funções (PAULO, U. D. S.; ECONOMIA, 2015):
- Conselho Nacional de Política Energética (CNPE): órgão de assistência a presidência da república para homologação da política energética;
- Ministério de Minas e Energia (MME): responsável pela formulação e implantação de políticas para o setor energético;
- Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL): responsável pela regulação e fiscalização da produção, transmissão e comercialização de energia elétrica;
- Empresa de Pesquisa Energética (EPE): responsável pela execução dos estudos de planejamento energético;
- Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE): responsável pela administração da contratação das instalações de geração e liquidação das diferenças contratuais de todos os agentes do setor elétrico;
- Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS): responsável pela administração da contratação de instalações de transmissão;
- Comitê de Monitoramento do Setor Elétrico (CMSE): responsável pelo monitoramento das condições de suprimento de energia elétrica;
- Centrais Elétricas Brasileiras S.A. (Eletrobrás): exerce a função de holding das empresas estatais federais de energia elétrica; administra e encargos e fundos setoriais; realiza a comercialização de energia elétrica da hidroelétrica Itaipu Binacional e de fontes alternativas de energia – PROINFA

O autor Altoé **et al.** (2017) apresenta, na figura 2, a linha do tempo relacionado aos principais marcos regulatórios brasileiros na área de eficiência energética.

**Figura 2: Linha do tempo dos principais marcos regulatórios brasileiros na área de eficiência energética.**



Fonte: Altoé **et al** (2017)

### 2.2.2 Polítics internacionais

Apresentar uma visão sobre os acordos, planos e métodos internacionais em andamento que visam à multiplicação de conceitos e práticas de eficiência energética, como:

- Segundo Paulo e J (2016) nos Estados Unidos se destacam algumas políticas no âmbito industrial, como o Programa Tecnológico Industrial (ITP), realizado pelo Departamento de Eficiência Energética e Energias Renováveis que objetiva:
  - Diminuir a intensidade energética da indústria em 30% no ano 2020, em comparação com 2002;
  - Implementar comercialmente mais de 10 tecnologias eficientes até 2010, por meio de parcerias público-privadas em projetos de pesquisa e desenvolvimento.
- Na França, destacam-se ações do Ministério de Ecologia, Desenvolvimento Durável e Energia e a Agência do Meio Ambiente e da Matriz Energética (ADEME):

Aquisição de maior conhecimento sobre o consumo energético do setor industrial e da agricultura, a fim de identificar oportunidades para economizar energia;

Fomento de novas tecnologias;

Difusão de informações e sensibilização dos responsáveis pelas empresas industriais que precisam realizar investimentos;

Oferecimento de conselhos especializados.

- No Reino Unido pode-se citar o plano governamental focado na conscientização da população e no gerenciamento de programas do Departamento de Meio Ambiente, Transportes e Regiões (DETR) e do programa Electricity Standard of Performance (SoP) (SOUZA, A. DE; GUERRA; KRUGER, 2011).
- Na Alemanha o governo lançou o primeiro Plano Nacional de Alocação (NAP) que busca, a partir de um sistema de certificados, menores volumes, tanto o volume de emissões futuras do setor energético e da indústria, como a distribuição de licenças de emissões para as companhias.
- Outros países como o Japão, Noruega, Dinamarca, Suécia, Nova Zelândia e Austrália desenvolvem programas similares buscando reduzir desperdícios de energia em todos os segmentos de consumo, por meio de mecanismos similares especialmente com a adoção de programas de etiquetagem e a normalização de produtos, métodos e processos industriais (SOUZA, A. DE; GUERRA; KRUGER, 2011).

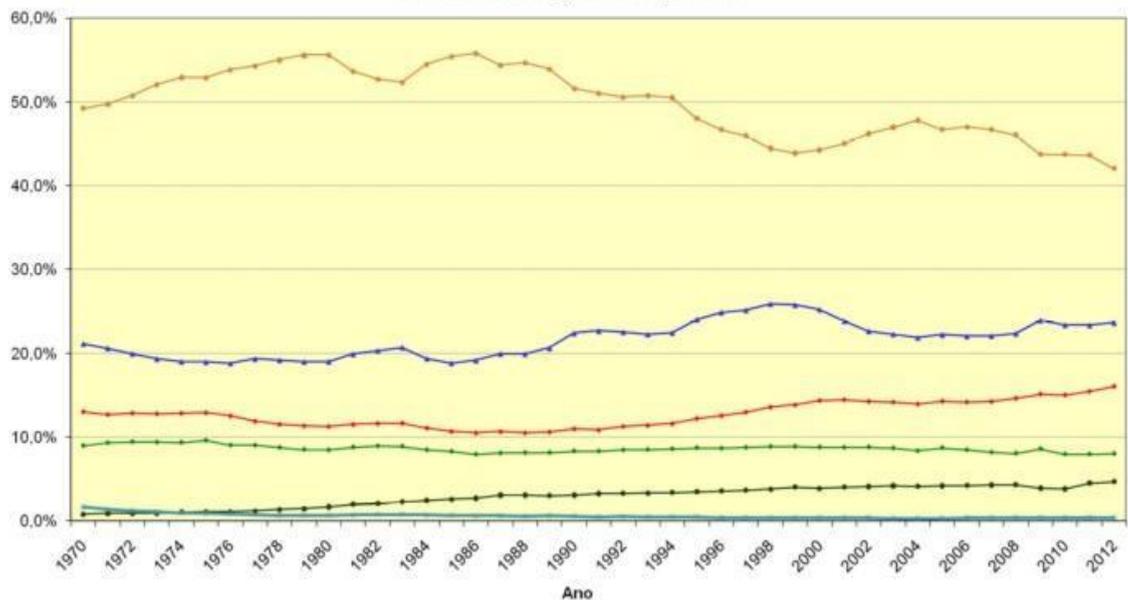
### **2.3 Consumo de energia**

O consumo de energia está entre os temas que preocupam nossa sociedade há algum tempo. Isso acontece porque as necessidades energéticas para a produção de alimentos, de bens de consumo, de serviço e de produção, para o lazer e para a promoção do desenvolvimento econômico, social e cultural estão cada vez maiores.

- Dados do Balanço Energético Nacional (BEM) , referente ao ano de 2010, demonstram que os segmentos residenciais, comerciais e de serviços públicos representam 46,9% do consumo de energia elétrica no Brasil (KRÜGER; MORI, 2012).

Em 2013, o consumo final de energia elétrica no Brasil foi 3,6% maior em comparação com 2012. O consumo de eletricidade no setor residencial brasileiro apresentou um crescimento de 6,2%, o qual corresponde cerca de 24,2% do consumo total do país (NETO; BIANCHINI, 2015). Quanto à evolução do consumo residencial de energia, ele vem crescendo a uma taxa média de 2,15% ao ano, passando de 6.786 GWh em janeiro de 2003 para 8.893 GWh em junho de 2011 (SANTANA; PAIS, 2012).

**Figura 3: Estratificação do consumo de energia elétrica por setor desde 1970 a 2012**

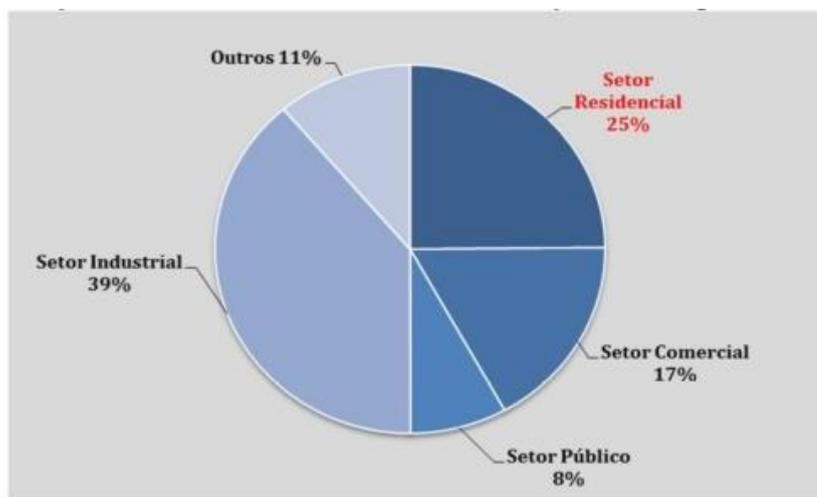


Fonte: Carlos (2014)

- A indústria de manufatura é um dos principais consumidores de energia, reque-rendo em torno de 31% da energia primária (FENERICH; COSTA; LIMA, 2017). Os setores de transportes e residencial também apresentam expressivo consumo, contudo este último vem perdendo participação na matriz energética ao longo do período analisado, participação esta que já chegou a 35,5% em 1970 e em 2008 não ultrapassou os 10% (SALAZAR, 2012).
- De acordo com Salvia; Pilonetto e Brandli (2016), a oferta interna de energia registrou uma taxa de crescimento de 3,1% e aponta que o consumo final de ele-ctricidade no Brasil registrou um aumento de 2,9%, tendo os setores residências e comercial como maiores contribuintes.
- Estima-se que em 2050, o consumo per capita de eletricidade no Brasil apresente uma evolução para 7.182 (kWh/ano), o que representa um aumento de 184% em relação ao consumo apresentado em 2013, equivalente a 2.532 (kWh/ano) (NETO; BIANCHINI, 2015).
- A iluminação responde por aproximadamente 23% do consumo de energia elétrica no setor residencial, 44% no setor comercial e serviços públicos e 1% no setor industrial, a refrigeração pode responder por até 60% do consumo de energia elé-ctrica no setor comercial e a eletricidade corresponde a 36,2% do consumo final energético no setor residencial brasileiro (PÓVOA, 2014).

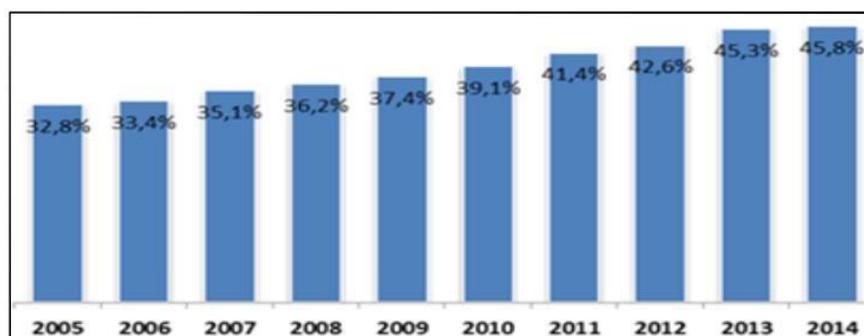
Segundo Salvia; Pilonetto e Brandli (2016) é possível notar a significativa parcela do setor residencial no consumo de energia total além de observar seu crescimento expressivo, podendo ser observado nas figura 4 e 5, a seguir:

**Figura 4: Percentual de consumo de energia elétrica por setor**



Fonte: Salvia; Pilonetto e Brandli (2016)

**Figura 5: Percentual de eletricidade consumida do total de energia consumida pelo setor residencial**



Fonte: Salvia; Pilonetto e Brandli (2016)

De modo a justificar a queda dos resultados alguns fatores podem ser considerados, como por exemplo, os programas de eficiência energética desenvolvidos e implantados nas indústrias nos últimos anos, a crise econômica mundial ocorrida em 2009 e a atual crise econômica brasileira, na qual a indústria apresenta produção retraída, em função da redução de demanda interna e do acúmulo de estoques.

### 3 FATORES QUE INFLUENCIAM NA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Este capítulo elenca os fatores que influenciam a eficiência energética, analisando iluminação, refrigeração, fator de potência, sistemas de ar comprimido e eletrodomésticos, revendo os conceitos básicos relacionados a cada um desses tópicos, como é avaliada a eficiência energética de cada um, quais as tecnologias utilizadas e como se pode melhorar a eficiência energética em cada um.

#### 3.1 Iluminação

A iluminação no seu conjunto usa cerca de 10% a 20% do total da eletricidade nos países industrializados e, por isso, é um importante alvo para ações de redução de consumo energético (SOUSA, 2012). De acordo com Póvoa (2014) a iluminação corresponde por aproximadamente 23% do consumo de energia elétrica no setor residencial, 44% no setor comercial e serviços públicos e 1% no setor industrial.

A eficiência energética na iluminação pode ser avaliada a partir da eficiência do tipo de lâmpada utilizada. Sua eficiência é dada pela razão do fluxo luminoso sobre a potência, tendo como unidade lúmens por Watts lm/W. Lâmpadas fluorescentes apresentam eficiência maiores que lâmpadas incandescentes. A tabela 1, exemplifica essas informações (PÓVOA, 2014).

**Tabela 1: Eficiência energética na iluminação**

<b>Lâmpada</b>	<b>Potência (W)</b>	<b>Fluxo Luminoso (lm)</b>	<b>Eficiência (lm/W)</b>
<b>Incandescente</b>	100	1380	13,8
<b>Fluorescente</b>	40	3000	75
<b>Multivapores metálicos</b>	2000	190000	95

Fonte: Póvoa (2014)

#### 3.2 Refrigeração

Os equipamentos de geração de frio são dimensionados para operar em média de 16 a 18 horas para cada ciclo de 24 horas.

O consumo de energia nos sistemas de refrigeração é elevado. Os equipamentos do sistema de refrigeração são responsáveis por uma média de 34% de todo o consumo de energia elétrica da industrial e no comércio corresponde a 60% (FROZZA, 2013; PÓVOA, 2014).

De acordo com Guilherme (2015) existem três componentes principais relacionadas a sistemas de refrigeração, onde cada componente tem um comportamento e uma funcionalidade característica. Estas componentes são:

- **Evaporador e Condensador:** O evaporador é um permutador de calor onde entra fluido no estado de líquido a baixa temperatura e por absorção do calor, vaporiza. O principal objetivo do evaporador é remover o calor existente no espaço a refrigerar. O condensador é também um permutador de calor em que no seu interior o fluido refrigerante condensa dentro dos tubos. Os diferentes tipos de condensadores caracterizam-se pelo fluido disponível para o seu arrefecimento, que pode ser ar ou água.
- **Compressor:** Os compressores são responsáveis por elevar a pressão e temperatura do fluido refrigerante à saída do evaporador para entrar no condensador. Eles podem ser divididos em dois grupos: os de deslocamento positivo, onde o fluido é comprimido por redução do volume, como por exemplo os compressores alternativos e rotativos, e os compressores centrífugos, onde o fluido é acelerado pelas pás e a velocidade é convertida em pressão.
- **Sistema de expansão:** Os sistemas de expansão são responsáveis por devolver a pressão que o fluido refrigerante tinha antes de ser comprimido. Ou seja, eles provocam a diminuição da pressão desde a pressão de alta (condensador), para a pressão de baixa (evaporador). São também responsáveis por regulação do caudal que entra dentro do evaporador, de modo que seja o suficiente para vencer a carga térmica e controlar o estado do vapor à saída deste.

Segundo Venturini e Pirani (2005) há recomendações em equipamentos de refrigeração, para se utilizar de maneira mais eficiente, como:

- Em sistemas de bombeamento, devem-se manter os filtros limpos;
- No caso de câmaras com diferentes temperaturas, instalar circuitos independentes para cada uma delas;
- Empregar motores elétricos ajustados ao consumo. Os motores superdimensionados trabalham com baixo rendimento;

- Devem-se manter limpos os filtros das linhas de refrigerante líquido;
- Empregar sistemas de compressão em estágios com resfriamento intermediário com separadores de líquido;
- Empregar motores elétricos com controle de velocidade.

Para Weg (2017) existem equipamentos que podem reduzir os custos relacionados à energia sem perder a eficiência do produto, como:

- Torre de resfriamento<sup>2</sup>: A economia de energia elétrica com a solução WEG para esta aplicação varia entre 40 a 80%. Além de economizar água e produtos químicos;
- Compressor para refrigerador: redução do consumo de energia pode chegar a 30% quando aplicada a solução WEG. Outros ganhos vão desde a uniformidade da temperatura da câmara fria, maior conforto térmico e um menor desgaste mecânico do equipamento;
- Compressor de Ar: Pode apresentar diminuição de até 30% no consumo de energia elétrica com maior uniformidade de pressão na rede e redução do desgaste mecânico;
- Sistema de bombeamento: Utilizado nos mais diversos segmentos, pode apresentar economia de até 70% no consumo de energia
- Sistema de ventilação: Utilizados nos mais diversos segmentos, pode apresentar economia de até 70% no consumo de energia.

A evolução da tecnologia de materiais – principalmente – tem proporcionado condições para que sejam produzidos aparelhos e equipamentos cada vez mais eficientes sob o ponto de vista do consumo de energia. Um grande impulso a essa evolução foi dado pela conscientização de que o consumo racional de energia elétrica está profundamente associado à preservação dos recursos naturais e à manutenção da sustentabilidade do planeta.

### **3.3 Fator de Potência**

O fator de potência pode ser definido pela porcentagem de potência realmente utilizada (kW) da potência fornecida. Baixo fator de potência indica um sistema com pouca eficiência. O fator de potência ideal é 1,0. Segundo art. 95 da Resolução Normativa n. ° 414 (BRASIL, 2005).

### **3.4 Sistemas de Ar Comprimido**

O ar comprimido é utilizado em diferentes aplicações, como no acionamento de ferramentas pneumáticas, acionamento mecânico de válvulas em sistemas de controle, transporte por ar comprimido, dentre outras. Na indústria, utiliza-se o ar comprimido em máquinas operatrizes, motores pneumáticos, equipamentos de movimentação e transporte de materiais, ferramentas manuais, sistemas de comando, controle, regulação, instrumentação e na automação de processos (PÓVOA, 2014).

É considerado uma forma de energia cara, pois, apenas 5% a 10% da energia elétrica disponibilizada para o compressor é transformada em trabalho útil, ou seja, a eficiência de um compressor está entre 5% e 10% (OLIVEIRA, 2016).

### **3.5 Eletrodomésticos**

A utilização de equipamentos com alta eficiência energética e o uso consciente de aparelhos elétricos, contribui para a redução da necessidade de geração de energia e consequentemente de maiores investimentos em construções de novas usinas elétricas (HEREO ÍRIS, 2016).

A eletricidade corresponde a 36,2% do consumo final energético no setor residencial brasileiro. Desses 36,2%, grande parte se deve aos eletrodomésticos. A eficiência energética desses eletrodomésticos está intimamente relacionada ao seu tempo de fabricação, posto que os equipamentos mais novos são mais eficientes (PÓVOA, 2014).

### **3.6 Sistemas de Controle**

Usados para fornecer aquecimento ou resfriamento em indústrias, edifícios residenciais e comerciais. Estes sistemas são importantes para a climatização dos ambientes e controle de temperatura.

#### **3.6.1 Controle de Temperatura**

A temperatura é, fundamentalmente, uma propriedade da matéria que mede o nível energético de um corpo. Quanto maior a temperatura de um corpo, maior o nível de energia deste corpo. Existem diferentes unidades para indicar a temperatura, sendo graus Celsius ( $^{\circ}\text{C}$ ) a utilizada no sistema internacional de unidades (PÓVOA, 2014).

Conforme Fernandes (2013) a influência da temperatura sobre o consumo de energia elétrica varia de acordo com características climatológicas da área avaliada. Assim, em regiões com clima temperado (usualmente entre  $18^{\circ}\text{C}$  e  $21^{\circ}\text{C}$ ) a relação é tipicamente não linear onde ocorre tanto aumento como diminuição da temperatura.

Existem três tipos básicos de Controlador de temperatura: liga/desliga, proporcional e PID:

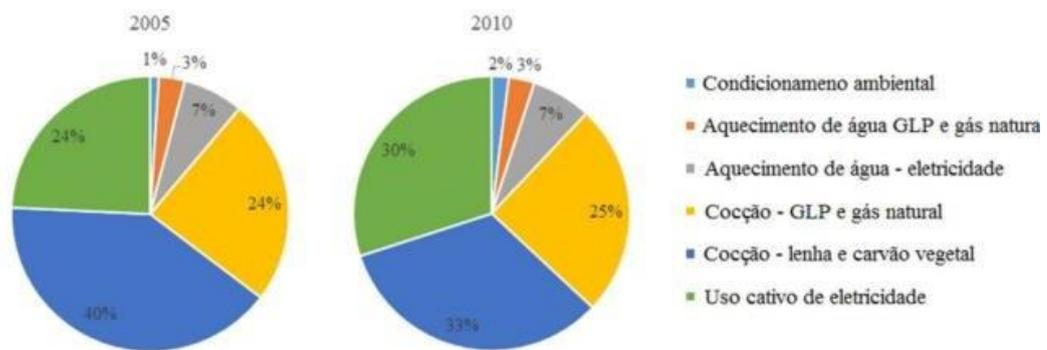
- Controle Liga/Desliga: Um controlador de temperatura liga/desliga destaca-se por ser o mais simples dos dispositivos existentes para controle de temperatura. A saída do dispositivo é ligada ou desligada, sem estado intermediário. Um controlador de temperatura liga/desliga alternará a saída somente quando a temperatura ultrapassar o ponto de ajuste.
- Controle Proporcional: Os controles proporcionais são projetados para eliminar o ciclo associado ao controle liga/desliga. Os controles proporcionais diminuem a potência média fornecida ao aquecedor quando a temperatura se aproxima do ponto de ajuste. Ele permanecerá próximo ao ponto de ajuste e manterá uma temperatura estável. Essa dosagem é realizada ao ligar e desligar a saída em intervalos curtos
- Controle PID: O terceiro tipo de controlador fornece controle proporcional com integral e derivativo, também denominado PID. Esse controlador combina o controle proporcional com dois ajustes adicionais, o que ajuda a unidade a compensar automaticamente as alterações no sistema. Esse é o mais preciso e estável dos três tipos de controladores. é melhor utilizado em sistemas que apresentem massa relativamente pequena, as quais reagem rapidamente a alterações de energia adicionada ao processo

### 3.6.2 Sistemas de climatização

Segundo Kappler (2016) a climatização é imprescindível para manter habitualidade, especialmente em países com o clima extremo, de acordo com o Balanço Energético Nacional de 2014 houve um considerável aumento no consumo de energia, evidenciando a necessidade de se intensificar a busca por meios de reduzir o consumo de energia elétrica.

Entre os anos de 2005 e 2010 uso final da energia para climatização representou 1% e 2%, como mostra a figura 6:

**Figura 6: Demanda por energia residencial por uso final**



Fonte: Kappler (2016)

Pesquisas revelam que cerca de 20% do consumo de eletricidade em edificações comerciais é fruto da utilização de sistemas de climatização (SIMÕES, 2011).

Ao decorrer dos anos, vários sistemas foram criados para a consumação da climatização dos ambientes, com grande evolução na parte do controle das condições locais, aumento de vida útil e, principalmente, aumento na eficiência dos equipamentos.

Os climatizadores são capazes de esfriar e melhorar a qualidade do ar de forma eficaz, proporcionando uma temperatura constante e confortável, minimizando o consumo de energia, reduzindo os custos, além das emissões de carbono.

Dentre os principais sistemas de condicionamento de ar, podemos destacar os aparelhos tipo Janela e Split mais encontrado em residências e Self Contained (CARLOS, 2014).

### 3.6.3 Norma regulamentadora 17

A NR17 é uma norma geral que visa padronizar a prática do trabalho de basicamente todos os trabalhadores no Brasil. A NR17 aborda sobre a climatização de ambientes para, então, entender o que deve ser feito pelas empresas e como tornar o local mais adequado aos funcionários.

Nos locais de trabalho onde são executadas atividades que exijam solicitação intelectual e atenção constantes, tais como: salas de controle, laboratórios, escritórios, salas de desenvolvimento ou análise de projetos, dentre outros, são recomendadas as seguintes condições de conforto:

- índice de temperatura efetiva entre 20°C (vinte) e 23°C (vinte e três graus centígrados);
- umidade relativa do ar não inferior a 40 (quarenta) por cento.

### **3.7 Aparelhos mais comuns de climatização**

Pires (2014) classifica os aparelhos de ar condicionado de duas formas, a primeira sendo do tipo convencional, onde o aparelho opera com a mesma potência o tempo todo e a segunda, onde são denominados do tipo inteligente, cuja potência é variável em função das mudanças de temperatura interna do recinto a ser climatizado.

#### **3.7.1 Condicionadores de Ar SPLIT2**

O ar condicionado do tipo split pode ser dividido em duas partes. A primeira delas é a Unidade Condensadora que fica na área externa ao ambiente a ser refrigerado; nela estão localizados o compressor, o condensador, o ventilador externo e o dispositivo de expansão. A Unidade Evaporadora é composta pelo evaporador e pelo ventilador interno (CARLOS, 2014).

São compactos e de fácil manutenção, podem promover a distribuição do ar através de dutos ou não e também podem operar como bomba de calor (ciclo reverso). No entanto, sua instalação requer procedimentos de vácuo e carga em campo, não operam com renovação de ar (exceto alguns equipamentos mais modernos) e possuem custo inicial superior aos condicionadores de ar de janela (ROSA, 2014). Produzidos com capacidades que variam de 7.500 a 60.000 Btu/h.

### 3.7.2 Condicionadores Self-Contained

São condicionadores de ar compactos ou divididos que encerram em seus gabinetes todos os componentes necessários para efetuar o tratamento do ar, tais como: filtração, resfriamento e desumidificação, umidificação, aquecimento e movimentação do ar. Tem capacidade de resfriamento geralmente entre 5 e 30 TR (17,5 e 105 kW).

Os condicionadores Self-contained podem ser instalados diretamente no local a receber condicionamento, porém, geralmente são instalados em uma casa de máquinas e o insuflamento do ar é realizado através de dutos para os ambientes a serem climatizados. Os sistemas com condensação a água necessitam de uma torre de resfriamento para que a água utilizada para condensar o fluido refrigerante tenha sua temperatura reduzida e retorne para a unidade condensadora, funcionando em um ciclo fechado.

### 3.7.3 Condicionadores de Ar de Janela

Dotados de compressor, condensador resfriado a ar, dispositivo de expansão, serpentina de resfriamento e desumidificação, do tipo expansão direta, filtros e ventiladores para circulação do ar condicionado e para resfriamento do condensador. Tem capacidades de resfriamento geralmente entre 0,5 e 3,0 TR (1,75 e 10,5 kW). Também podem ser usados nas épocas frias, por reversão de ciclo, com o condensador operando como evaporador, funcionando como bomba de calor. O sistema pode possuir ou não renovação de ar, com tomada de ar exterior.

## 3.8 Eficiência energética nos sistemas de climatização

A tabela 2, demonstra as principais vantagens e desvantagens dos sistemas de climatização citados nos tópicos 3.3.1, 3.3.2 e 3.3.3 referente ao autor (ROBERTO; THIAGO, 2014).

**Tabela 2: Vantagens e desvantagens dos sistemas de climatização**

	<b>Vantagens</b>	<b>Desvantagens</b>
<b>Condicionador de Ar Self-Contained</b>	Sistema possui maior eficiência que os equipamentos de pequeno porte, facilidade de instalação em comparação com outros sistemas centrais, produção seriada com bom desenvolvimento técnico e baixa manutenção	Alto nível de ruído e normalmente não podem operar como bomba de calor, sendo normalmente instalados em conjunto com um banco de resistência quando o aquecimento é necessário
<b>Condicionador de Ar Split</b>	Baixo nível de ruído, custo de aquisição e instalação relativamente baixos, possibilidade de realocação do equipamento e regulação individual por ambiente	Não possui renovação de ar, necessitam de procedimentos de vácuo e carga de gás na instalação e, apesar de serem mais econômicos que os aparelhos tipo janela, possuem elevado consumo energético
<b>Condicionador de Ar Janela</b>	Sistema pode-se citar a facilidade de instalação e manutenção, regulação individual para o ambiente e baixo custo em locais pequenos	Sistema traz a pequena capacidade, alto nível de ruído, alteração das fachadas e baixa eficiência energética.

Fonte: Roberto e Thiago (2014)

A tabela 3, demonstra os valores típicos de do rendimento de alguns aparelhos de ar condicionado.

**Tabela 3: Rendimento de aparelhos ar condicionado**

Capacidade (Btu/h)	Marca	Tipo	COP(W/W)	EER(Btu/h/W)
7500	Consul	Janela		9,94
10000	Consul	Janela		10,299
12000	Springer	Portátil		8,276
9000	Sam-sung	Split Inverter quente e frio	3,26	11,152
12000	Sam-sung	Split Inverter quente e frio	3,23	11,132
18000	Sam-sung	Split Inverter quente e frio	3,29	11,889
24000	Sam-sung	Split Inverter quente e frio	3,23	11,268

Fonte: Póvoa (2014)

A análise de eficiência de sistemas de ar condicionado pode ser feita por diferentes indicadores, que tentam medir o rendimento dos equipamentos.

Alguns dos mais importantes e recorrentes indicadores são:

- Coeficiente de Performance (COP)

Este índice é importante para avaliar o rendimento de um equipamento de refrigeração. Relaciona a capacidade de remoção de calor de um equipamento (Energia útil) à Potência requerida pelo Compressor (Energia Consumida). Quanto maior o C.O.P, melhor o rendimento do equipamento. (ROBERTO; THIAGO, 2014) Pode ser calculado pela equação 2:

$$COP = \frac{\text{Energia Útil}}{\text{Energia Consumida}} \quad (2)$$

- Energy Efficiency Rate (Razão de eficiência energética)

Também é utilizada para indicar a eficiência de uma máquina frigorífica. Relaciona a energia útil produzida com o trabalho de compressão despendido. (PÓVOA, 2014) A Equação 3 expressa na expressão :

$$EER = \frac{\text{Energia Util}}{\text{Trabalho de compressão}} \quad (3)$$

- Eficiência em kW/TR

Indicador de eficiência de um equipamento, sendo TR (tonelada de refrigeração) equivalente a 12.000 Btu/h. A equação 4 expressa sua relação:

$$\frac{kW}{TR} = \frac{\textit{Trabalho de compressão}}{\textit{Energia útil em TR}} \quad (4)$$

As grandezas diretas que devem ser medidas são temperatura e pressão na entrada e saída do compressor e vazão mássica. Além disso, é necessário que se conheçam as propriedades físicas do gás refrigerante.

## 4 SISTEMAS DE CONTROLE AUTOMÁTICO DE REFRIGERAÇÃO

Os dispositivos de controle variam em complexidade desde um simples interruptor até controladores mais sofisticados de modulação e rearme. Estes dispositivos podem ser elétricos, eletrônicos, pneumáticos, por computador, autônomos, de estado sólido, ou fluídicos. O tipo de controle selecionado depende grandemente da preferência do projetista do sistema e, do grau de controle desejado.

### 4.1 Prototipagem para a validação de uma ideia

A palavra protótipo é derivada do grego, onde (Protós), significa primeiro e (Typos), significa tipo; mas uma tradução mais correta, seria: primeiro modelo, que está em fase de testes, estudo ou planejamento. Um protótipo geralmente está associado à ideia de solução de uma necessidade, desejo ou problema. Por isso é recomendável que antes de se pensar na solução, é necessário que o problema esteja claro e validado junto aos potenciais clientes e/ou usuários. E para validar o problema, recomenda-se no mínimo uma pesquisa exploratória com potenciais clientes/usuários e outros interessados (GRANDO, 2013).

Filho e Ian (2013) definem prototipagem como a forma de validar e concretizar ideias e modelos gerados durante a produção, onde, as técnicas de prototipagem podem ser aplicadas em todas as fases do desenvolvimento. Já Pinto Pradella e Fernando Folle (2014) descrevem prototipagem como um excelente auxiliador visual durante a discussão prévia do projeto com colaboradores ou clientes. Estima-se que a economias de tempo e de custos proporcionada pela aplicação das técnicas de prototipagem na construção de modelos sejam da ordem de 70 a 90%.

A prototipagem no estágio inicial de desenvolvimento reduz a chance de “poor designs” e auxilia na obtenção de feedback dos usuários e desenvolvedores nas etapas iniciais do desenvolvimento do tangível. A colaboração é especialmente indicada para a resolução de problemas complexos que requerem a ação de indivíduos com diferentes habilidades (UGULINO *et al.*, 2013).

Uma forma de resolver problemas que envolvem experimentos, complexos devido a montagem da sua infraestrutura e seu elevado consumo de tempo, é utilizar de plataformas de desenvolvimento. Ao permitir uma rápida prototipagem, estas plataformas podem ser pensadas não só como ferramenta de projeto, mas também como ferramentas de aprendizados (ARAÚJO, 2012).

As plataformas de desenvolvimento baseadas em microcontroladores podem ser utilizadas em projetos de diversas áreas de conhecimento.

## 4.2 Microcontroladores

A popularização dos microcontroladores se dá devido ao seu baixo custo e baixo consumo de energia, sendo utilizados como soluções para projetos nos quais se buscam um melhor custo benefício.

De acordo com Cezar **et al** (2012) microcontrolador é um dispositivo que possui um propósito específico, ou seja, processa um único programa, que fica armazenado na memória ROM, além disso, pode se comunicar com outros equipamentos por meio de comunicação serial, paralela e atualmente também por USB ou Ethernet. Araújo (2012) define microcontrolador como a incorporação de um microprocessador, e de sistemas de temporização, de aquisição e de comunicação em um mesmo circuito integrado.

Os microcontroladores são distinguidos pela capacidade de processamento e de armazenamento formando famílias de processadores cujas funções são similares. Os microcontroladores existentes no mercado são diferenciados pela quantidade de memória interna de armazenamento de dados e instruções de programas, velocidade de processamento, quantidade de portas configuráveis de entrada e saída, bem como quantidades e tipos de periféricos acoplados, a arquitetura do microcontrolador (SARTORI; ARIEL MOLINA; CEZAR GONÇALVES DE LIMA, 2013) . Existem alguns tipos de microcontroladores, os mais usados, especialmente na área da robótica, são:

- Microcontroladores Atmel AVR: 8 e 32 bits oferecem desempenho, eficiência no uso da energia e flexibilidade de projeto. Otimizados para acelerarem o tempo de comercialização e facilmente se adaptarem às novas exigências, são baseados na arquitetura mais eficiente em termos de códigos do mercado para programação em C e assembly. (ATMEL, 2016)

- Microcontroladores baseados em processadores ARM Atmel® - Flexíveis e altamente integradas, as soluções baseadas em ARM Atmel, são projetadas para otimizar o controle de sistemas, conectividade tanto cabeada quanto wireless, gerenciamento de interfaces de usuário, baixo consumo de energia e facilidade de uso. (ATMEL, 2016)
- Microcontroladores PIC Microchip Technology - processam dados de 8 bits e de 16 bits, mais recentemente 32, com extensa variedade de modelos e periféricos internos, com arquitetura Harvard e conjunto de instruções RISC (conjuntos de 35 instruções e de 76 instruções), com recursos de programação por Memória flash, EEPROM e OTP.

### **4.3 Estrutura para controle de temperatura de baixo custo**

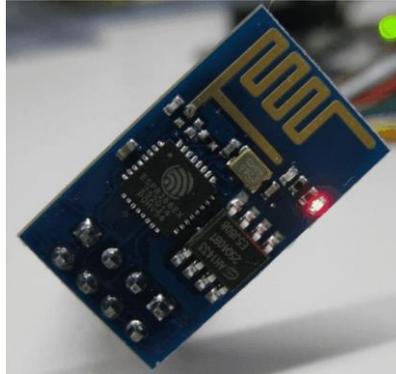
Os fabricantes de microcontroladores têm tornando os seus produtos cada vez mais rápidos, com maior quantidade de memória e funcionalidades. Algumas características têm motivado o seu desenvolvimento, como: baixo custo, versatilidade, facilidade de programação e o seu tamanho reduzido.

#### **4.3.1 Módulo Serial Wi-Fi ESP8266**

O módulo ESP8266, (Figura 7) chama atenção devido seu baixo custo e por possuir um tamanho reduzido, além de possuir uma conexão serial receptor-transmissor assíncrono universal (UART) a um sistema microcontrolado dando-lhe acesso à internet.

Por possuir um microcontrolador ARM de 32bits e capacidade de armazenamento na própria placa, permite que ele seja integrado a sensores e dispositivos de diversas finalidades, com foco na área de internet das coisas ( IoT - Internet of Things) sem a necessidade de muitos componentes externos (SANTOS **et al.**, 2016).

**Figura 7: Módulo ESP8266**



Fonte: Curvello (2015)

De acordo com Jorge G, Oliveira (2017) as principais características do ESP8266 são:

- Contém dois pinos digitais GPIO (General Purpose Input/Output).
- Suporta as interfaces de comunicações UART e I2C, e saída PWM.
- Suporta os protocolos 802.11 b/g/n. Opera nos modos estação e cliente. Tem integrado o protocolo TCP/IP com suporte ao IPv4, operando na banda ISM de 2.4 GHz com suporte a WPA e WPA2.
- A arquitetura implementada no módulo é a arquitetura RISC (Reduced Instruction Set Computer) de 32 bits.
- É composto por três memórias:
  - Uma memória RAM (Random Access Memory) utilizada para instruções com uma capacidade de 32 KB;
  - Uma memória RAM para dados com a capacidade de 96 KB;
  - Uma memória ROM de 64 KB de capacidade utilizada para boot.
- Integra um processador com uma frequência de 80 MHz, com a possibilidade de operar nos 160 MHz.

Inclui uma memória flash SPI Winbond W25Q40BVNIG de 512 KB.s principais Existem diversas variantes de ESP8266, figura 8, disponíveis com diferenças perceptíveis principalmente no que tange à quantidade de I/Os disponíveis para acesso externo, e no tamanho do módulo.

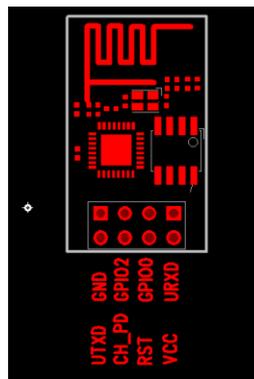
**Figura 8: Variantes do ESP8266**



Fonte: Cuvello (2015)

Na Figura 9 apresenta o modelo ESP8266 com destaque para a sua pinagem e a explicação e função de cada pino, de acordo (CURVELLO, 2015).

**Figura 9: Pinagem do ESP8266**



Fonte: Curvello (2015)

- Tensão de corrente contínua (Vcc): Tensão de alimentação 3,3V. Módulo consome até 300 mA;
- Filtro graduado de densidade neutra (GND): Sinal de Terra GND;
- Transmissão de dados (Tx): Sinal de Tx do módulo, a ser conectado no Rx do microcontrolador (Sinal em 3,3V);
- Recepção de dados (Rx): Sinal de Rx do módulo, a ser conectado no Tx do microcontrolador (Cuidado! Sinal em 3,3V!);
- Pronto para enviar (RST): Sinal de Reset/Restart acionado em nível baixo (GND);
- CH\_PD: Sinal de habilitação do chip (chip enable), usado para gravação de firmware ou atualização. Deve ser mantido em nível ALTO para operação normal;
- GPIO0: Pode ser controlado pelo firmware, e deve ser colocado em nível baixo (GND) para modo *update*, ou em nível alto para operação normal;
- GPIO2: I/O que pode ser controlada pelo firmware;

- LED: Quando está ligado, fica aceso em cor Vermelha, e aciona a cor Azul para indicar atividade. Pisca uma vez para indicar momento de boot.

Por ter sido desenvolvido com foco em dispositivos moveis, eletrônicos vestíveis e IoT, o ESP8266 possui um baixíssimo consumo de energia, figura 10, variando de 10uA quando está em modo sleep e chegando a no máximo 215mA quando está operando em sua capacidade máxima, sendo capaz de operar em três modo: modo ativo, modo sleep e modo deep sleep. Quando está configurado para atuar em modo sleep, apenas o relógio de tempo real (RTC) e o sistema de watchdog permanecem ativos no chip. O RTC pode ser programado para "acordar" o modulo em determinado intervalo de tempo, ou ainda poder se reativar apenas quando algum evento especifico acontecer.

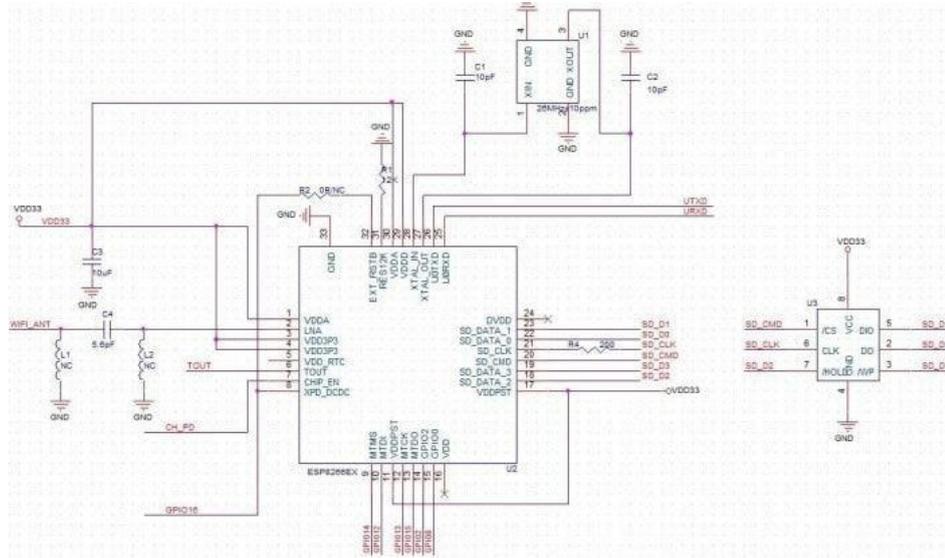
**Figura 10: Comparação de consumo de energia do ESP8266**

Modo	Típico	Unidades
Transmit 802.11b, CCK 1Mbps, POUT=+19.5dBm	215	mA
Transmit 802.11b, CCK 11Mbps, POUT=+18.5dBm	197	mA
Transmit 802.11g, OFDM 54Mbps, POUT =+16dBm	145	mA
Transmit 802.11n, MCS7, POUT=+14dBm	135	mA
Receive 802.11b, packet length=1024 byte, -80dBm	60	mA
Receive 802.11g, packet length=1024 byte, -70dBm	60	mA
Receive 802.11n, packet length=1024 byte, -65dBm	62	mA
Standby	0.9	mA
Deep sleep	10	uA
Power save mode DTIM 1	1.2	mA
Power save mode DTIM 3	0.86	mA
Total shutdown	0.5	uA

Fonte: Curvello (2015)

Maiores detalhes como a organização de pinos do ESP8266 e o esquemático do módulo em questão estão presentes na Figura 11:

**Figura 11: Esquemático do ESP8266**



Fonte: Curvello (2015)

4.3.2 Sensor de temperatura e umidade dth11

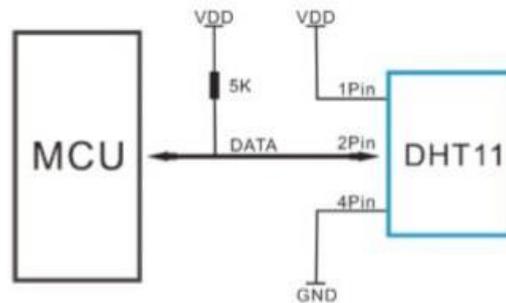
O sensor modelo DHT11 mede temperatura entre 0 °C e 50 °C, com acurácia de ± 2 °C, e umidade relativa entre 20 e 95%, com acurácia de ± 5%. O sensor modelo DHT11 tem por características elétricas tensão entre 3 e 5,5 V, operando em 5 V a uma temperatura de 25 °C. (J. OLIVEIRA JÚNIOR; A. VICENTIN; R. CUNHA, 2014)

**Figura 12: Sensor DHT11 e sua pinagem**



Fonte: Thomsen (2013)

**Figura 13: Esquema de ligação do DHT11**



Fonte: J. Oliveira Júnior; A. Vicentin e R. Cunha (2014)

Este sensor inclui um componente medidor de umidade e um componente NTC para temperatura, ambos conectados a um controlador de 8-bits.

#### 4.4 Plataforma para aquisição e controle de dado

Sistemas de aquisição de dados, são os produtos ou sistemas usados para coletar dados ou informações de determinada fonte. O conceito de aquisição pode ser mais bem definido como o processo de obtenção de dados do mundo real que produz informações passíveis de manipulação em software (LINCOLN, 2010).

Os softwares de supervisão, controle e aquisição de dados, capturam as informações de dispositivos e traduzem dados de sensores em informações que exibem ao operador do sistema o estado atual do processo monitorado através de uma interface gráfica interativa. (CUNHA; COELHO; SILVA, 2013)

##### 4.4.1 Internet das coisas (IOT)

De acordo com Lacerda e Lima Marques (2015) a IOT é fundamentada pela conectividade e interatividade entre pessoas, informações, processos e objetos, por meio de tecnologias que possibilitam acesso à rede por qualquer pessoa, de qualquer lugar, a qualquer tempo, utilizando quaisquer dispositivos, incluindo equipamentos multifuncionais com sensores inteligentes. Já Metzner; Silva e Cugnasca (2014) dizem que a IOT tem como base a presença pervasiva da computação através de coisas ou objetos e seu conceito é definido pela junção de três visões: ser identificável, comunicar-se e interagir entre si, através de redes interconectadas de objetos, com usuários finais ou outras entidades na rede.

#### 4.4.2 Plataforma open source (código aberto)

Diz respeito ao código-fonte de um software, que pode ser adaptado para diferentes fins. Por não possuir um custo de licença, um software open source oferece a oportunidade de um maior investimento em serviços e formação.

De acordo com movimento Open Source Innovation (OSI) Brasil (2014) verdadeiro open source deve atender aos seguintes tópicos:

- Distribuição livre: A licença do programa não deve de nenhuma forma restringir o acesso gratuito por meio de venda ou mesmo de permutas;
- Código fonte: o software deve conter um código fonte que deve permitir a distribuição também na forma compilada;
- Trabalhos derivados: A licença do software deve fornecer permissão para que modificações sejam realizadas, bem como trabalhos derivados. Também deve permitir que sejam distribuídos, mesmo após modificação, sobre os mesmos termos da licença original;
- Integridade do autor: A licença deve, de maneira clara e explícita, permitir a distribuição do programa construído por meio do código fonte modificado;
- Distribuição da licença: Os direitos associados ao software devem ser aplicáveis para todos aqueles cujo programa é redistribuído, sem que exista a necessidade da execução de uma nova licença, ou licença adicional para estas partes;
- Não discriminação contra pessoas, grupos e áreas de atuação: A licença deve estar disponível para qualquer grupo de pessoas e qualquer indivíduo e deve permitir que qualquer pessoa de qualquer ramo específico possa fazer a utilização do programa. Ela não deve impedir, por exemplo, que uma empresa faça uso de seu código;
- Não restrição a outros programas e licença neutra em relação à tecnologia: A licença não pode ser considerada open source se colocar restrições em outros programas que são distribuídos juntos com o programa licenciado e deve permitir que sejam adotadas interfaces, estilos e tecnologias sem restrições.

#### **4.5 Trabalhos relacionados**

Na Tabela 4 foi demonstrado periódicos que utilizaram pesquisas experimentais sobre prototipagem em relação a controle automático de sistemas de refrigeração:

**Tabela 4: Trabalhos acadêmicos relacionados a eficiência energética e automação a baixo custo**

Trabalho	Objetivo	Contribuição	Sensor de Temperatura	Microcontrolador
<b>Estudo e aplicação de um sistema de controle automático de temperatura ambiente</b> (JOS; MORGADO, 2008)	Implementação de um sistema de automação que consiste em controlar e supervisionar a temperatura ambiente de diversas maneiras	Aplicação da automação em ambientes residenciais quanto comerciais, possibilitando assim maior conforto e a segurança aos seus usuários	PT-100  Termômetro de resistência elétrica feito de platina sensor de alta precisão e repetibilidade de leitura muito boa	Vision V120
<b>Instrumentação e controle de um sistema de ar condicionado híbrido</b> (SALOIO, 2009)	É o controle do ambiente de um edifício visando o conforto térmico humano e economia de energia para sistemas de refrigeração. Usando tecnologia wireless, ZigBee, ou IEEE 802.15.4.	Apesar dos problemas constatados, na utilização dos módulos, excelso Office, ainda foi possível um controle de temperatura e umidade adequado.	Negative Temperature Coefficient (NTC) Termistor onde sua resistência varia em função da variação de temperatura	-
<b>Automação do controle de temperatura do ar de regeneração de um rotor dessecante utilizando microcontrolador</b> (BARROS <i>et al.</i> , 2010)	Solucionar o problema de controle manual da temperatura do ar de regeneração do rotor dessecante, a fim de garantir a integridade e funcionalidade do sistema não convencional de refrigeração	O sistema de controle permite que o queimador opere em regime automático sem a presença de um operador, garantindo a segurança do operador.	SHT-71  Sensor de temperatura e umidade, apresenta a vantagem de ser digital	PIC 16F877A

<b>Controle e monitoramento da temperatura de um ambiente utilizando um conjunto microcontrolador/pc</b> (PRADO, 2011)	Estudar, implementar e analisar um sistema de controle fuzzy PI de temperatura num modelo de edificação em escala reduzida utilizando um microcontrolador PIC18F4550 interfaceado com um microcomputador via USB/CDC.	O desempenho do microcontrolador, o sistema em conjunto do microcontrolador com interface em WEB desenvolvido em Java, trazendo resultados positivos em relação a temperatura	LM35	PIC18F4550
<b>Projeto de automação residencial utilizando um microcontrolador da família 8051 e supervisionado por uma plataforma desenvolvida na elipse E3</b> (SOUZA, C. DE, 2011)	Aplicação simplificada da automação residencial em consultórios dentários de pequeno porte. Utilizando o microcontrolador da família 8051, e interface desenvolvida no programa Elipse E3	Desenvolvimento de uma interface didática de fácil comunicação entre um programa externo e o microcontrolador. Mostrando que é possível aplicar a automação em consultórios odontológicos, médicos e residenciais, com custo reduzido e atracente	-	8051
<b>Sistema de climatização sustentável</b> (ANHANGUERA, 2013)	Desenvolvimento do protótipo de um sistema de climatização por evaporação sustentável usando a tecnologia Arduino	Viabilidade do desenvolvimento do protótipo, a facilidade de prototipação.	Negative Temperature Coefficient (NTC)	Atmel ATMEGA328P-PU (Arduino)

---

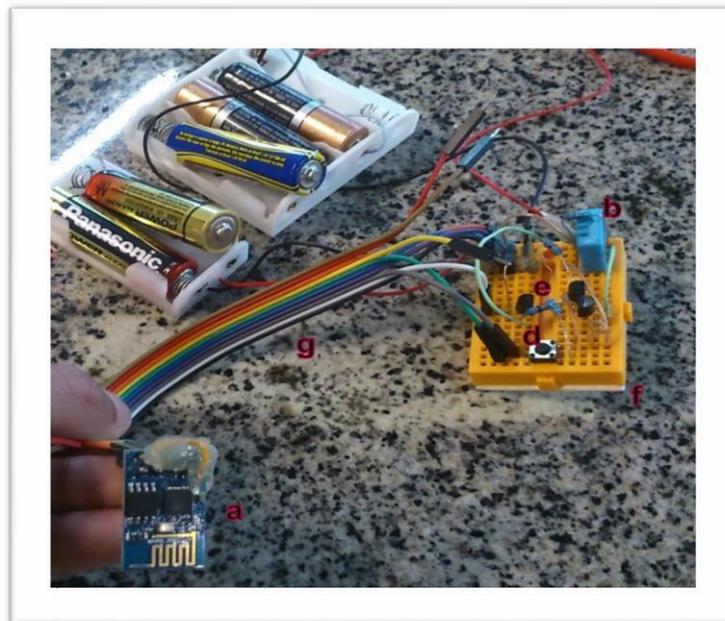
<b>Sistema de monitoramento e controle de consumo de energia elétrica para uma residência</b> (BARRETO, 2015)	Desenvolvimento de um sistema de monitoramento e controle do consumo de energia de duas cargas monofásicas de uma residência. A medição dos valores de consumo utiliza a plataforma Arduino e os valores são apresentados em uma interface gráfica a utilizando a plataforma Raspberry	Desenvolvimento de uma tecnologia renovável, baseando nos níveis de consumo de energia elétrica.	LM35  Sensor de precisão analógico para medição de temperatura	Atmel AVR (Aduino UNO R3 ATmega328 e um ATmega16U2)
--	--	--	--	---

---

## 5 DESENVOLVIMENTO PRÁTICO

Para a realização da coleta dos dados foi utilizado um módulo Wi-Fi, ESP8266, e um sensor de temperatura e úmida – DHT11 (Figura 14). O equipamento utilizado foi instalado em uma sala de aula de uma Instituição de Ensino Superior localizada no sertão alagoano. A placa foi programada para coletar dados de temperatura e humidade a cada cinco minutos e salvar em formato de registro, em um arquivo formatado conforme especificações da plataforma ThingSpeak™, para visualização e manipulação dos dados.

**Figura 14: Protótipo utilizado para a coleta de dados**



Fonte: Autor

Componentes utilizadas no protótipo:

- a) Módulo ESP8266 (2 a 5 dólares)
- b) Sensor DHT11 de temperatura e umidade (4 a 8 reais)
- c) 5 pilhas (3 a 4 reais)
- d) Botão push button (3 a 10 reais)
- e) Resistores (0,25 a +)
- f) Mini protoboard (1 a 3 reais)
- g) Jumper fema (6 a 10 reais)

A Figura 15, demonstra parte do arquivo, em csv, gerado pelo ThingSpeak após a coleta de dados. Cada registro é formado por uma linha, que contém a data de criação, identificando, umidade e temperatura

**Figura 15: Arquivo criado csv pelo ThingSpeak™**

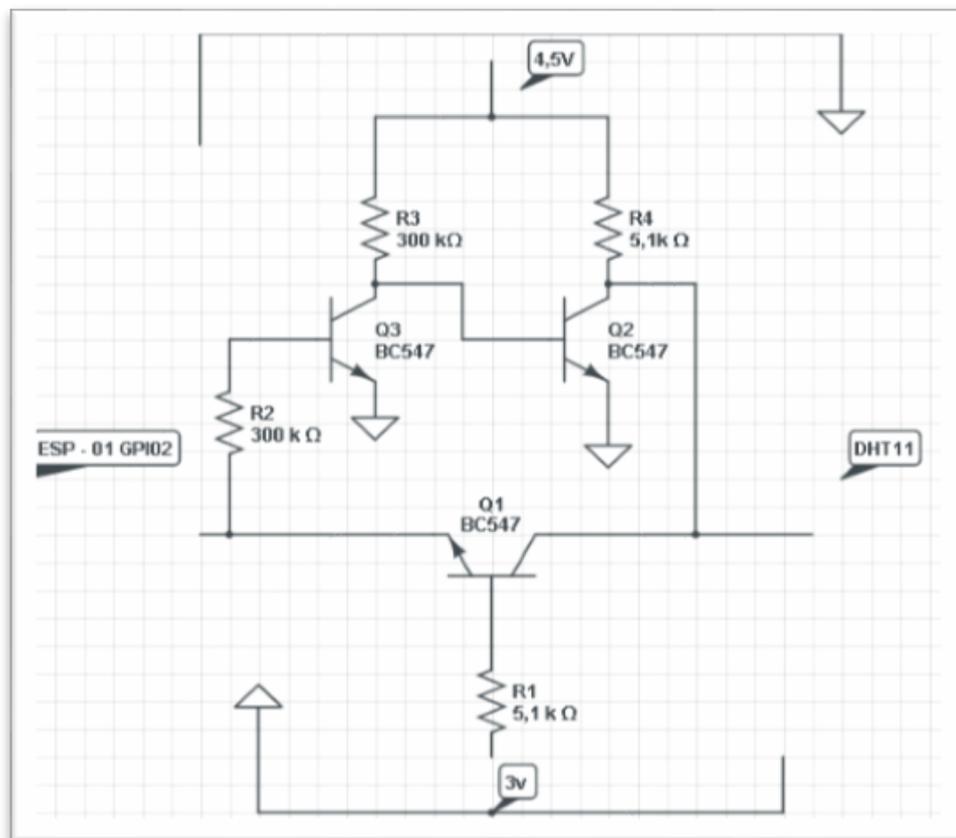
```
created_at,entry_id,field1,field2  
2017-09-05 10:43:01 UTC,1058,20.00,75.0  
2017-09-05 10:47:54 UTC,1059,20.00,75.0  
2017-09-05 10:52:48 UTC,1060,20.00,75.0  
2017-09-05 10:57:41 UTC,1061,20.00,75.0  
2017-09-05 11:02:37 UTC,1062,20.00,75.0  
2017-09-05 11:07:29 UTC,1063,20.00,75.0  
2017-09-05 11:12:23 UTC,1064,20.00,75.0
```

Fonte: Autor

Para um menor consumo das pilhas e maior duração do protótipo foi utilizado em modo deep sleep, durando cerca de uma semana, onde o circuito WiFi e a CPU são desligados, permanecendo apenas o RTC, responsável por fazer o Wake-up (voltar ao estado normal). Neste modo, o consumo de energia não cai para zero, já que no deep sleep o circuito de RTC permanece ativo.

A figura 16, demonstra o circuito de adequação dos sistemas, ele foi feito para a placa ESP8266 não entrasse em curto e consequentemente queimasse.

**Figura 16: Circuito de adequação dos sistemas**

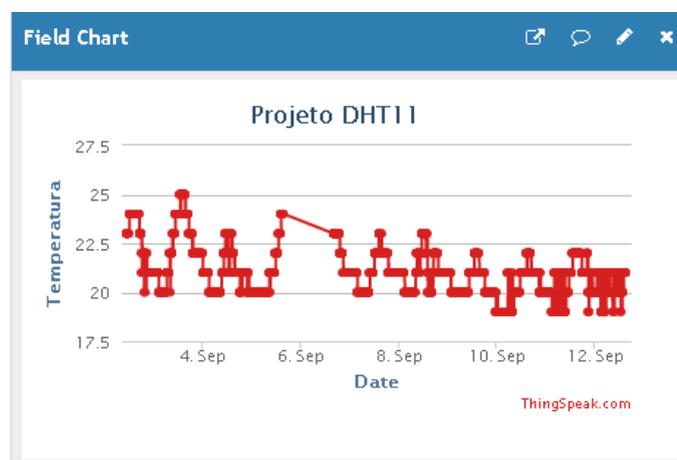


Fonte: Autor

Uma amostra coletada entre os dias 01/09/2017 a 12/09/2017, contendo 2916 registros, foi carregada no ThingSpeak™ para análise inicial das curvas de mudanças, através de um gráfico linear.

A figura 17 ilustra os gráficos de temperatura relativa do ar no período especificado.

**Figura 17: Gráficos de onze dias de amostras da variação da temperatura**



Fonte: Autor

## 6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Esse capítulo tem por objetivo detalhar e organizar os dados coletados no transcorrer da pesquisa. A fim de responder ao objetivo proposto, separam-se os resultados em gráficos e tabelas. Na primeira parte foi realizada a análise estatística utilizando o software Arena e o software R<sup>3</sup>, dos dados coletados, para ter conhecimento sobre a melhor distribuição dos dados além da análise através de gráficos durante todos os dias, na segunda parte, e a segunda parte foi realizado o cálculo do consumo de energia do aparelho de ar condicionado.

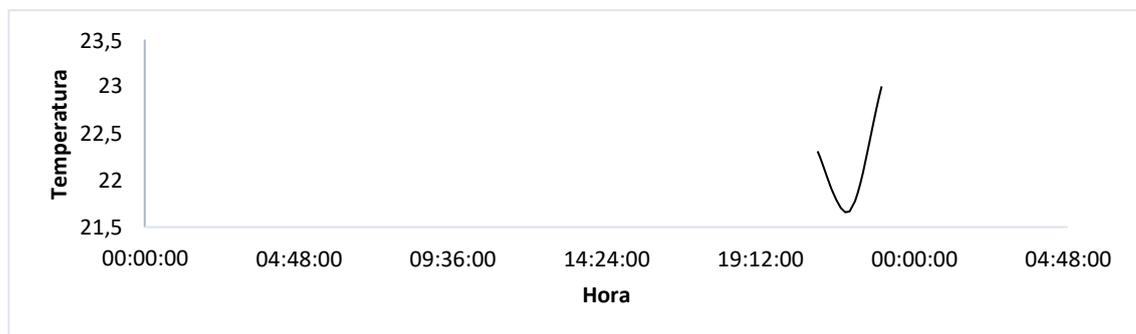
Uma característica importante no projeto é o baixo consumo do sistema geral, implementada através de componentes econômicos e técnicas de eficiência energética.

Para uma melhor visualização foi realizada a criação de gráfico referentes aos dados colhidos.

### 6.1 Análise gráfica

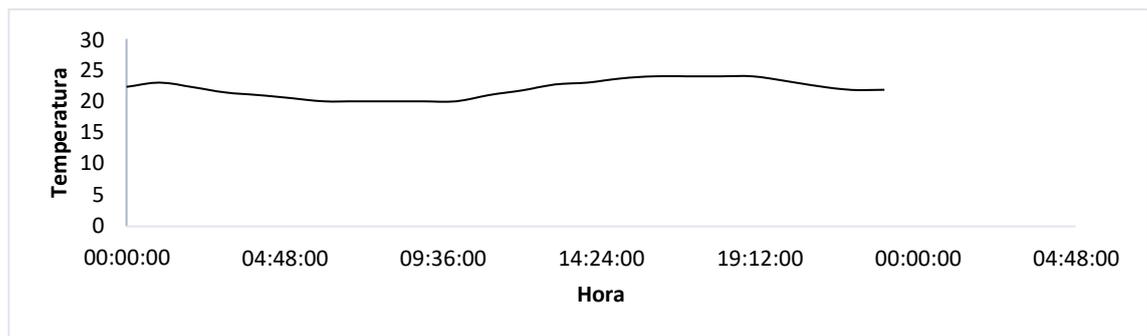
É interessante notar através, dos gráficos individuais, como a temperatura sofre leves alterações durante o dia. Os dias que foram coletados os dados, foram durante uma época com temperaturas mais baixas para a região. Sendo possível notar que no período da madrugada e manhã as temperaturas ficam em torno dos 20 a 22 graus Celsius, e no mais tardar ela começa a aumentar tendo o ponto máximo em 25 graus Celsius.

**Figura 18: Temperatura do primeiro dia**

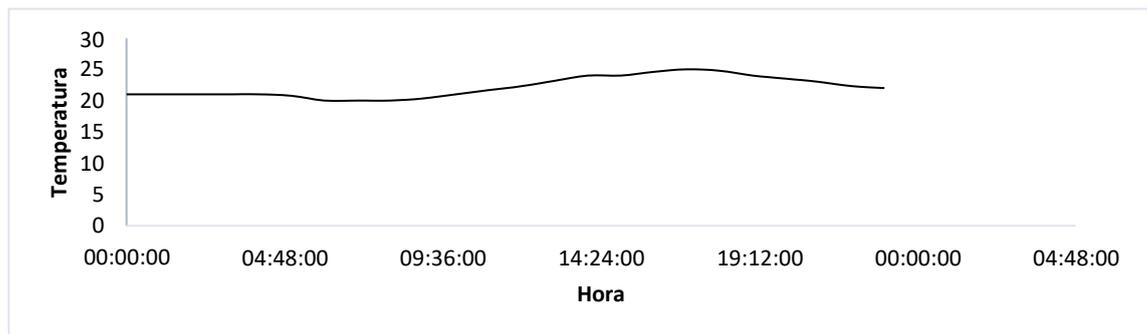


Fonte: Autor

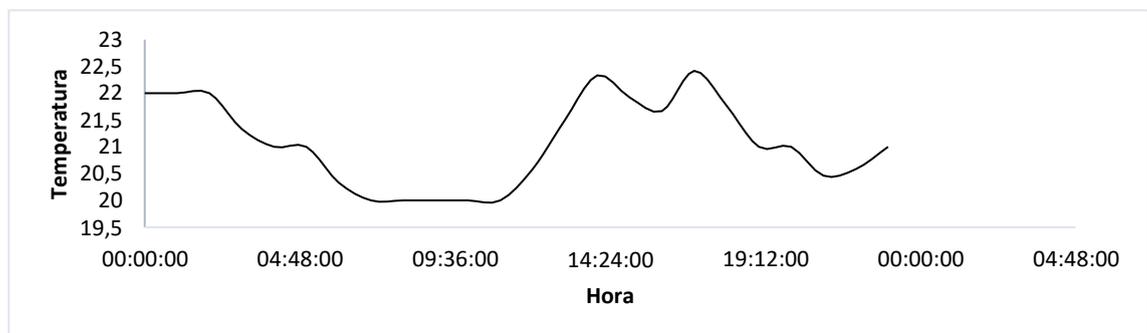
<sup>3</sup> O software ARENA é um ambiente gráfico integrado de simulação, que contém todos os recursos para modelagem de processos, desenho & animação, análise estatística e análise de resultados. Ele foi desenvolvido pela empresa Rockwell Automation. <sup>3</sup> R é uma linguagem e um ambiente de desenvolvimento integrado, para cálculos estatísticos e gráficos. A linguagem R é largamente usada entre estatísticos e data miners para desenvolver softwares de estatística e análise de dados.

**Figura 19: Temperatura do segundo dia**

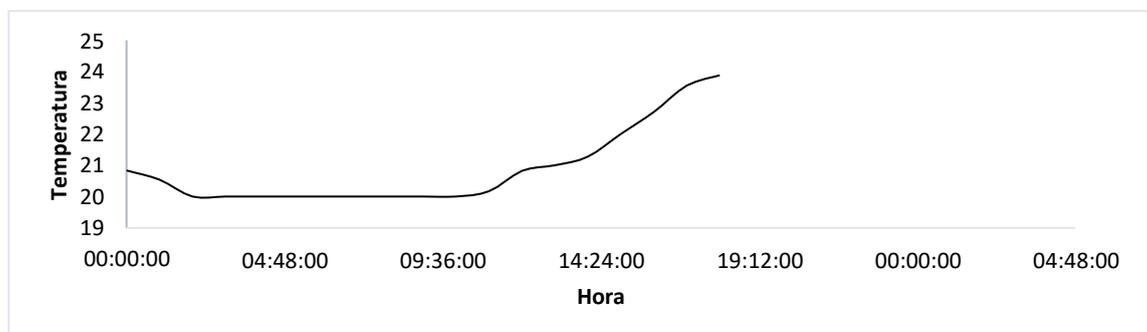
Fonte: Autor

**Figura 20: Temperatura do terceiro dia**

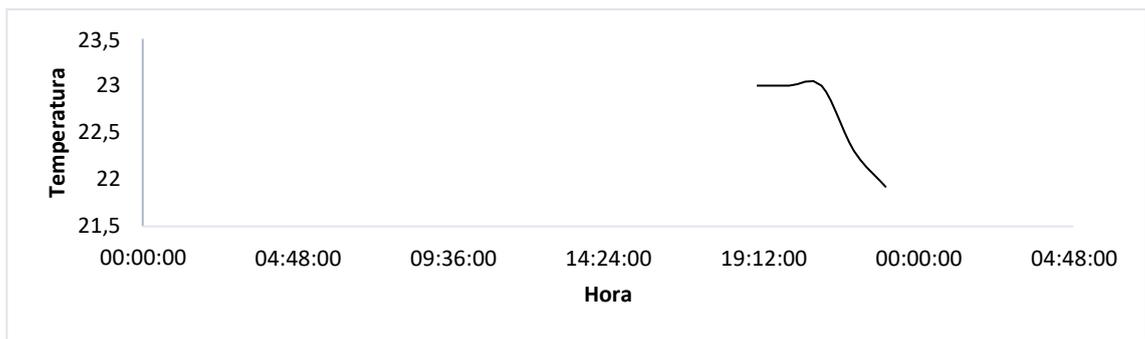
Fonte: Autor

**Figura 21: Temperatura do quarto dia**

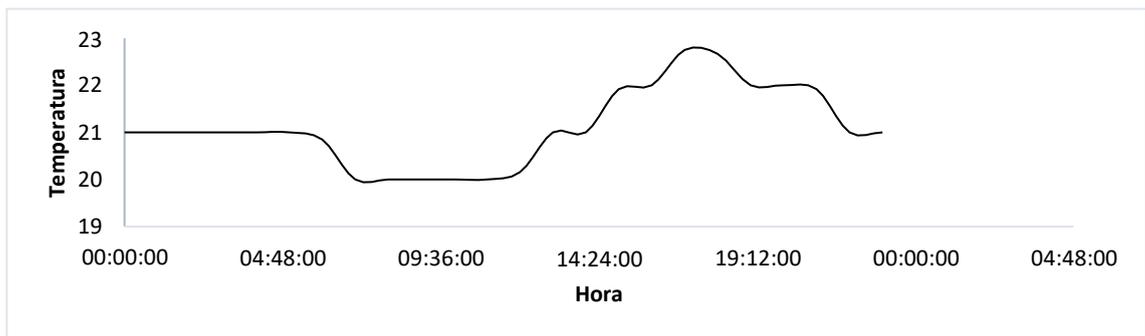
Fonte: Autor

**Figura 22: Temperatura do quinto dia**

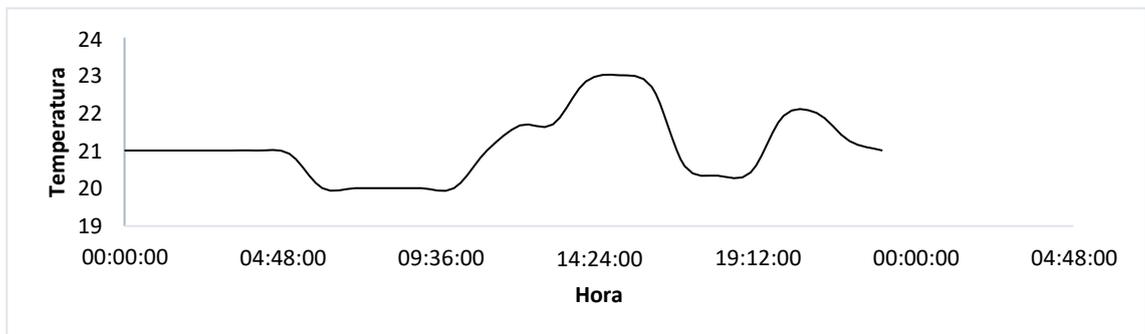
Fonte: Autor

**Figura 23: Temperatura do sexto dia**

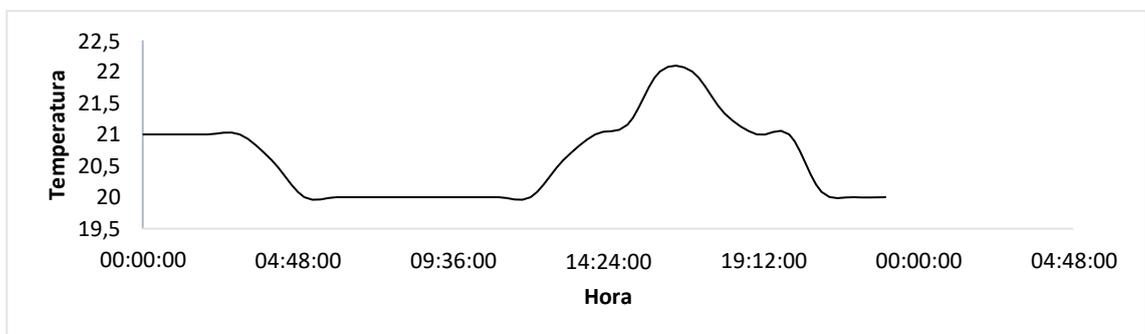
Fonte: Autor

**Figura 24: Temperatura do sétimo dia**

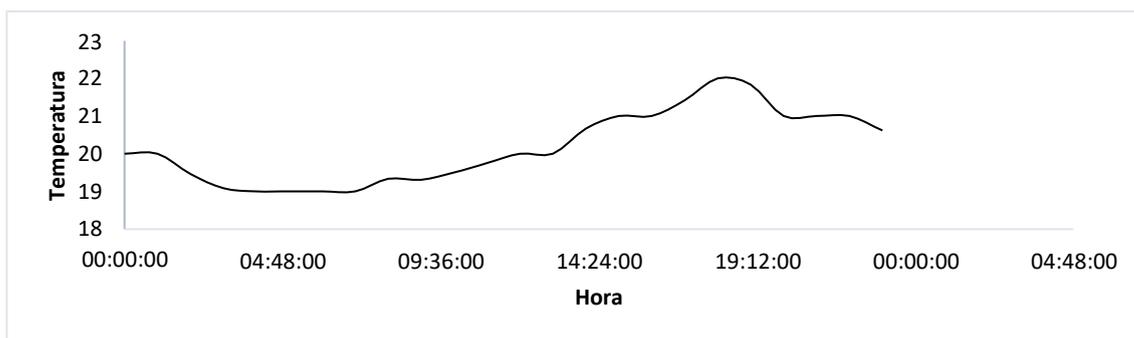
Fonte: Autor

**Figura 25: Temperatura do oitavo dia**

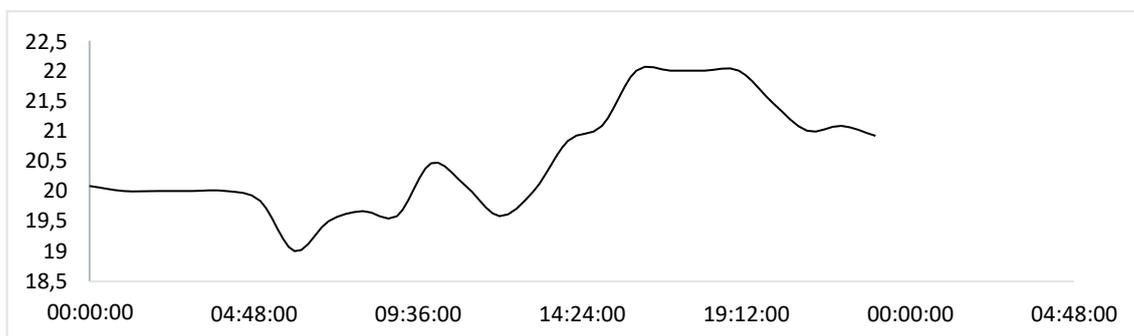
Fonte: Autor

**Figura 26: Temperatura do nono dia**

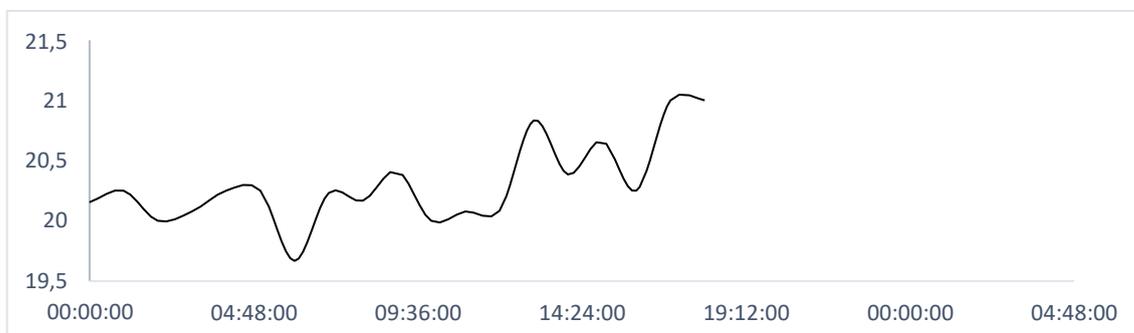
Fonte: Autor

**Figura 27: Temperatura do décimo dia**

Fonte: Autor

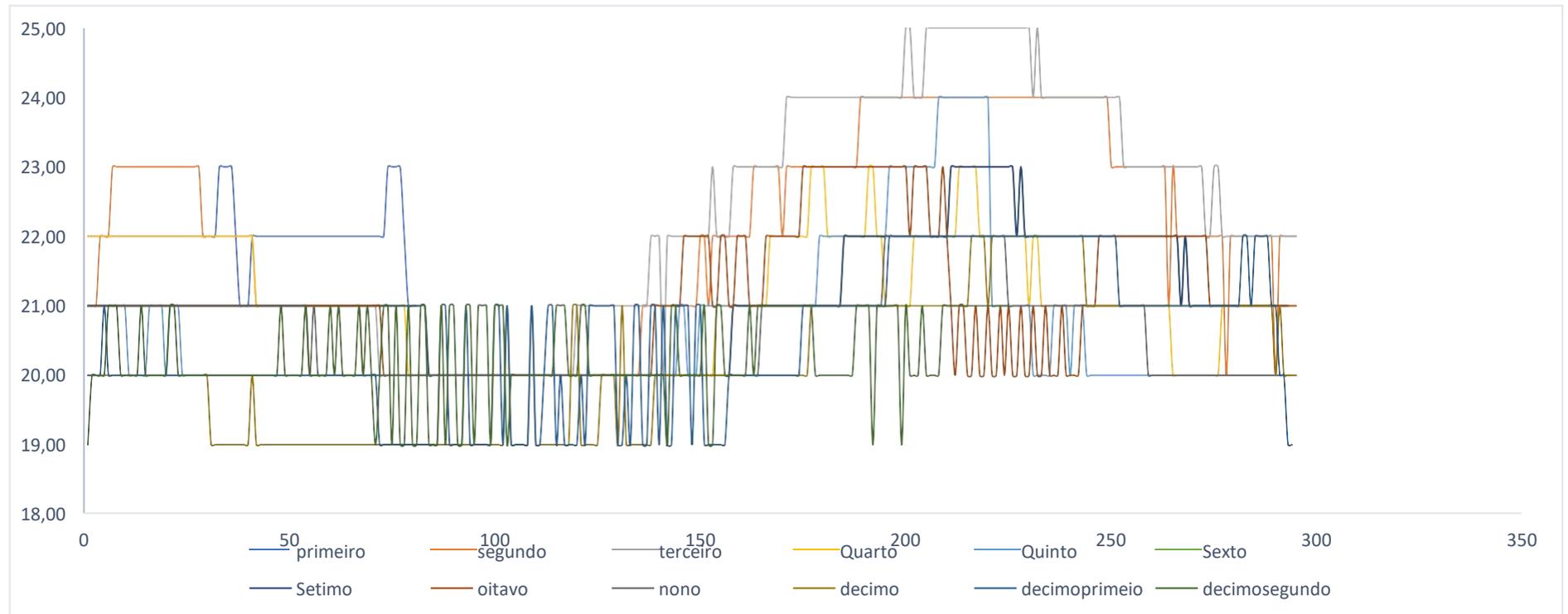
**Figura 28: Temperatura do décimo primeiro dia**

Fonte: Autor

**Figura 29: Temperatura do décimo segundo dia**

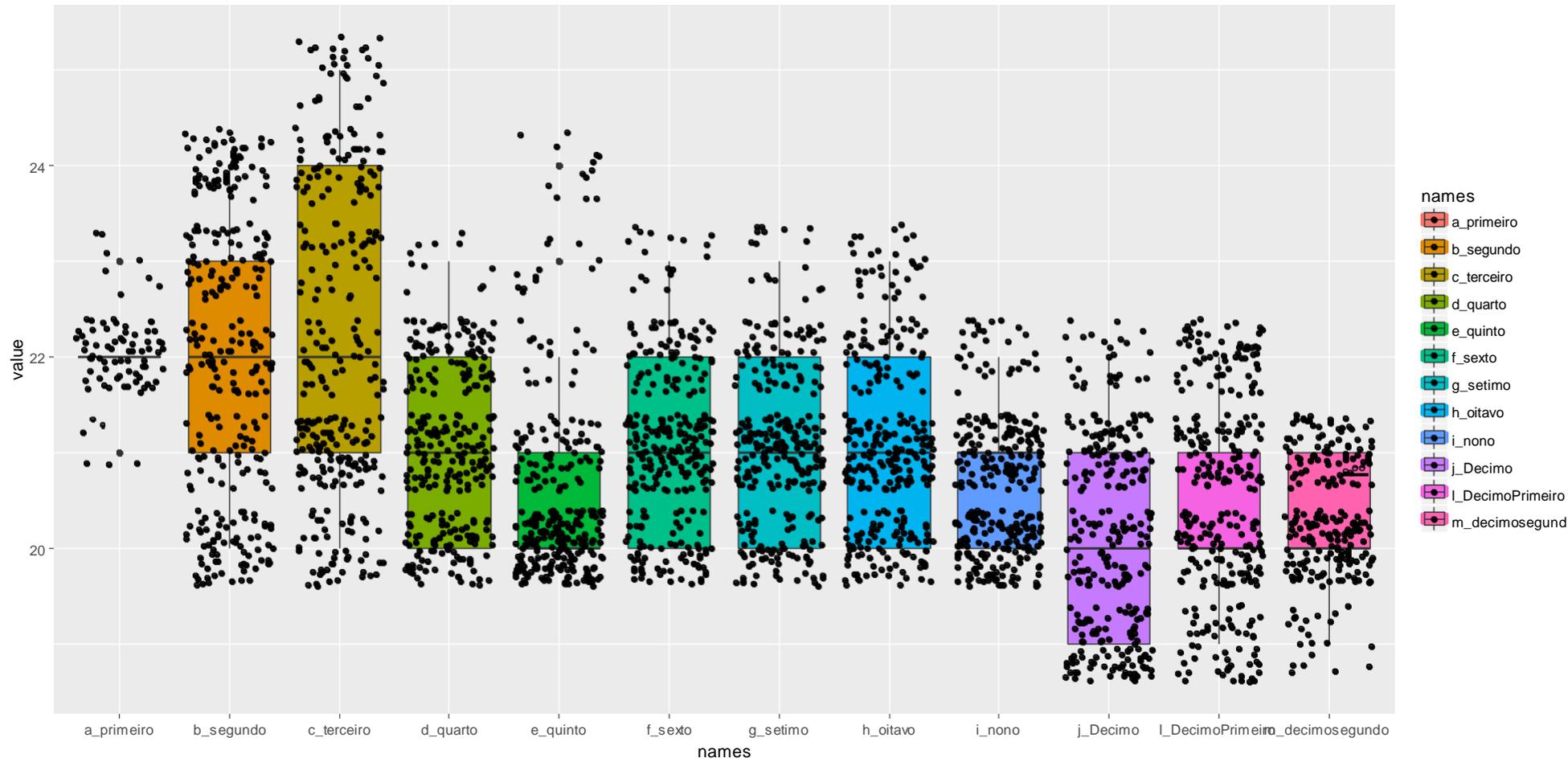
Fonte: Autor

**Figura 30: Gráfico de temperatura ao longo dos dias**



Fonte: Autor

**Figura 31: Bloxplot de temperaturas**



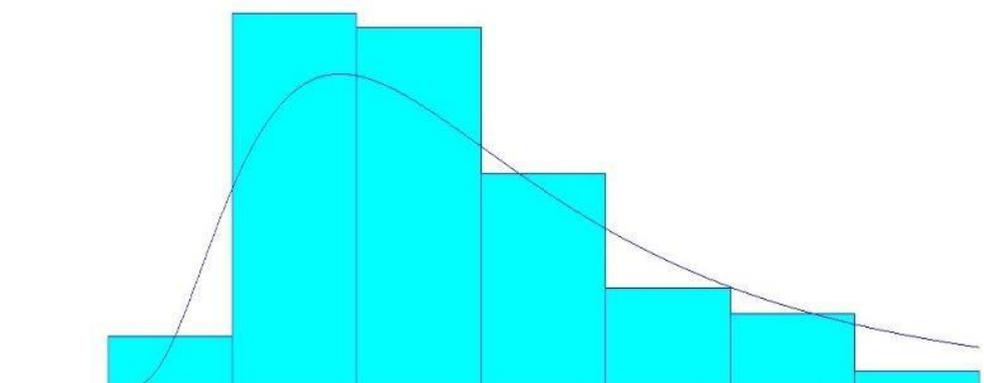
Fonte: Autor

Um gráfico geral relacionado a todos os dias, um boxplot para mostrar a variação de dados observados através das variáveis numéricas, por meio de quartis e gráficos de cada dia.

## 6.2 Análise estatística

Na análise das temperaturas em todos os dias, observa-se que a melhor distribuição de probabilidade aos quais as temperaturas se adequam é uma lognormal (Figura 30), com parâmetros de média igual a 3,05 e desvio padrão igual a 0,06.

**Figura 32: Histograma e distribuição das temperaturas em todos os dias coletados**



Fonte: Autor

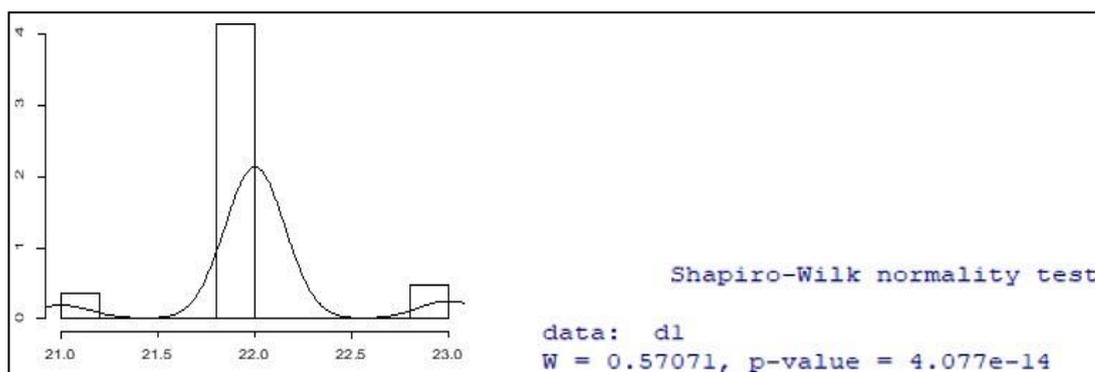
O teste do qui-quadrado e de Kolmogorov-Smirnov (figura 31) apresentam p-value < 5%, indicando que o ajuste a essa distribuição é pobre, algo que é explicado pelo método de medida que não considera a temperatura como uma variável contínua, dado que a medição não foi precisa suficiente para captar valores de temperatura menor que 1°C de unidade.

**Figura 33: Saída do software Arena e R quanto ao ajuste da distribuição a lognormal, teste qui-quadrado e teste de Kolmogorov-Smirnov**

Distribuição: Lognormal	
Expressão: $18.5 + \text{LOGN}(1.63\text{e-}312, 1.63\text{e-}312)$	One-sample Kolmogorov-Smirnov test
Erro quadrático: 0.038256	
Test do Chi-Quadrado	data: dl
Número de intervalos = 7	D = 0.19588, p-value < 2.2e-16
Graus de liberdade = 4	alternative hypothesis: two-sided
Teste Estatístico = 860	
P-value correspondente < 0.005	

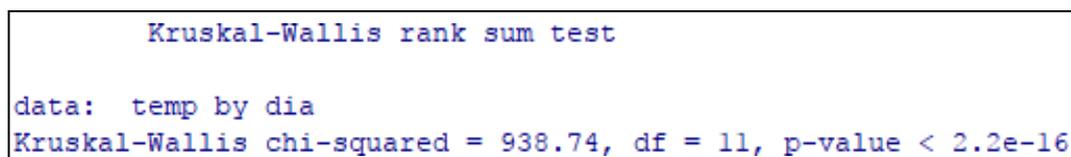
Fonte: Autor

Analisando a normalidade das temperaturas de cada dia individualmente, observou-se que já no primeiro dia (figura 3) os dados não seguem distribuição normal, algo reforçado pelo teste de Shapiro-Wilk. A ausência de valores entre 21 °C e 22 °C e entre 22 °C e 23 °C pode estar comprometendo o resultado do teste.

**Figura 34: Distribuição das temperaturas do primeiro dia.**

Fonte: Autor

Constatada a ausência de normalidade no primeiro dia, justifica-se a necessidade do uso de testes não paramétricos para comparar os resultados entre os dias. Como foram coletados dados em doze dias diferentes o teste de Kruskal-Wallis (figura 32) é o mais indicado por comparar mais de grupos de medições de forma simultânea.

**Figura 35: Teste de Kruskal-Wallis para os doze dias de dados coletados.**

Fonte: Autor

Como o p-value<sup>4</sup> do teste é menor que 5%, constata-se diferença de temperatura entre os doze dias coletados. Desse modo, se faz necessário verificar em quais dias o teste de Kruskal-Wallis detectou diferença de temperatura e em quais dias essa diferença não fez presente (Tabela 5).

**Tabela 5: Teste de Kruskal-Wallis entre os doze dias.**

<sup>4</sup> O P-value, que depende diretamente de uma dada amostra, tenta fornecer uma medida da força dos resultados de um teste, em contraste a uma simples rejeição ou não rejeição. Se a hipótese nula for verdadeira e a chance da variação aleatória for a única razão para as diferenças amostrais, então o P-value é uma medida quantitativa para alimentar o processo de tomada de decisão como evidência

<b>Dias comparados</b>	<b>Diferença observada</b>	<b>Diferença Crítica</b>	<b>Presença de diferença</b>
1-2	425,76568	493,1159	NÃO
1-3	386,26907	493,1159	NÃO
1-4	1061,90636	493,1159	SIM
1-5	1558,19885	503,1602	SIM
1-6	1049,13795	522,4151	SIM
1-7	1049,13795	522,4151	SIM
1-8	1079,25382	522,0314	SIM
1-9	1599,45118	522,2227	SIM
1-10	2003,00636	522,0314	SIM
1-11	1651,13316	522,2227	SIM
1-12	1965,73951	539,2414	SIM
2-3	39,49661	242,2954	NÃO
2-4	636,14068	242,2954	SIM
2-5	1132,43317	262,1335	SIM
2-6	623,37227	297,4245	SIM
2-7	623,37227	297,4245	SIM
2-8	653,48814	296,7501	SIM
2-9	1173,6855	297,0864	SIM
2-10	1577,24068	296,7501	SIM
2-11	1225,36747	297,0864	SIM
2-12	1539,97382	326,0752	SIM
3-4	675,63729	242,2954	SIM
3-5	1171,92978	262,1335	SIM
3-6	662,86888	297,4245	SIM
3-7	662,86888	297,4245	SIM
3-8	692,98475	296,7501	SIM
3-9	1213,18211	297,0864	SIM
3-10	1616,73729	296,7501	SIM
3-11	1264,86408	297,0864	SIM
3-12	1579,47043	326,0752	SIM
4-5	496,29249	262,1335	SIM
4-6	12,76841	297,4245	NÃO
4-7	12,76841	297,4245	NÃO
4-8	17,34746	296,7501	NÃO
4-9	537,54482	297,0864	SIM
4-10	941,1	296,7501	SIM
4-11	589,2268	297,0864	SIM
4-12	903,83315	326,0752	SIM
5-6	509,0609	313,7965	SIM
5-7	509,0609	313,7965	SIM
5-8	478,94503	313,1573	SIM
5-9	41,25233	313,476	NÃO
5-10	444,80751	313,1573	SIM
5-11	92,93431	313,476	NÃO

5-12	407,54066	341,0747	SIM
6-7	0	343,825	NÃO
6-8	30,11587	343,2417	NÃO
6-9	550,31323	343,5325	SIM
6-10	953,86841	343,2417	SIM
6-11	601,99521	343,5325	SIM
6-12	916,60155	368,8893	SIM
7-8	30,11587	343,2417	NÃO
7-9	550,31323	343,5325	SIM
7-10	953,86841	343,2417	SIM
7-11	601,99521	343,5325	SIM
7-12	916,60155	368,8893	SIM
8-9	520,19737	342,9488	SIM
8-10	923,75254	342,6575	SIM
8-11	571,87934	342,9488	SIM
8-12	886,48569	368,3457	SIM
9-10	403,55518	342,9488	SIM
9-11	51,68197	343,2398	NÃO
9-12	366,28832	368,6167	NÃO
10-11	351,8732	342,9488	SIM
10-12	37,26685	368,3457	NÃO
11-12	314,60635	368,6167	NÃO

Fonte: Autor

Portanto, entre as 66 possíveis comparações de temperatura (dois dias por vez) não se constatou diferença entre os valores de temperatura entre o primeiro e segundo dia, primeiro e terceiro dia, segundo e terceiro dia, quarto e sexto dia, quarto e sétimo dia, quarto e oitavo dia, quinto e nono dia, quinto e décimo primeiro dia, sexto e sétimo dia, sexto e oitavo dia, sétimo e oitavo dia, nono e décimo primeiro dia, nono e décimo segundo dia, décimo e décimo segundo dia, e décimo primeiro e décimo segundo dia. Para as demais 51 situações houve diferença significativa entre os valores de temperatura coletados, sobrando indícios de que as temperaturas mudam entre os dias observados.

### 6.3 Consumo energético do aparelho de ar condicionado

Formula do consumo:

$$\text{consumo em kw} = \frac{\text{potência (w)} * \text{tempo (h)}}{1000} \quad (5)$$

$$\frac{\text{potência do equipamento)} * \text{número de horas utilizadas (h)} * \text{número de dia de uso no mês}}{1000}$$

Tabela 6: Especificações do aparelho de ar condicionado

<b>KOMEKO</b>	
<b>MODELO:</b> KOP60FC	
<b>REFRIGERANTE:</b> R22	
<b>MASSA DE REFRIGERANTE (g):</b> 30000	
<b>TENSÃO/FREQUENCIA (V) / (Hz):</b> 220-230/60	
<b>Capacidade (W)</b>	Frio: 17680 (60000 Btu-h) Quente: -----
<b>Potência (W)</b>	Frio: 6302 Quente: -----
<b>Corrente (A)</b>	Frio: 9,58 Quente: -----
<b>Massa (kg) - Peso (N)</b>	52 509,95
<b>Pressão Máxima (Mpa)</b>	Descarga: 2,6 Sucção: 1,2
<b>Vazão de ar máxima (m<sup>3</sup>/h):</b> 2000	
<b>Grau de proteção:</b> IPX0	
<b>Classe:</b> 1	

Fonte: Autor

A sala em que o protótipo foi colocado com a seguinte quantidade de aulas durante a semana

**Tabela 7: Horários das aulas na sala de aula, as cores indicam que ocorre aula**

Horário	Segunda-Feira	Terça-Feira	Quarta-Feira	Quinta-Feira	Sexta-Feira
07:30 - 08:20					
08:20 - 09:10					
09:20 - 10:10					
10:10 - 11:00					
11:00 - 12:00					
12:00 - 12:50					
Horário	Segunda-Feira	Terça-Feira	Quarta-Feira	Quinta-Feira	Sexta-Feira
13:30 - 14:20					
14:20 - 15:10					
15:20 - 16:10					
16:20 - 17:00					
17:10 - 18:00					
18:00 - 18:50					
Horário	Segunda-Feira	Terça-Feira	Quarta-Feira	Quinta-Feira	Sexta-Feira
19:00 - 19:50					
19:50 - 20:40					
20:50 - 21:40					
21:40 - 22:30					

Fonte: Autor

Considerando ar-condicionado sendo ligado em todos os horários de aula referente a tabela 8 o consumo diário e o valor do consumo, com a taxa de energia de 0,52kW/h de acordo com a ANEEL, serão amostrados na tabela:

**Tabela 8: Consumo de energia no aparelho de ar condicionado**

	SEGUNDA	TERÇA	QUARTA	QUINTA	SEXTA
<b>HORAS DE AULA (H)</b>	7,47	12,45	11,62	13,83	9,13
<b>CONSUMO DE ENERGIA (KW)</b>	47,07	78,45	73,22	87,15	57,53
<b>PREÇO DIÁRIO (\$)</b>	24,47	40,79	38,07	45,31	29,91
<b>VALOR TOTAL</b>			181,34		

Fonte: Autor

Considerando os valores obtidos após a coleta de dados com o modulo WiFi ESP8266 e o sensor DHT11, e seguindo a NR17 para atividades que exijam solicitação intelectual e atenção constantes onde a temperatura efetiva fique entre 20°C e 23°C. Na tabela 10 é possível ver a média das temperaturas a cada hora e comparar com o horaria das aulas.

**Tabela 9: Média de temperatura a cada hora**

	Segunda 04-09-2017	Terça 05-09-2017	Quarta 06-09-2017	Quinta 07-09-2017	Sexta 08-09-2017
<b>07:00:00</b>	20	20	20		20
<b>08:00:00</b>	20	20	20		20
<b>09:00:00</b>	20,3333333	20	20		20
<b>10:00:00</b>	21	20	20		20
<b>11:00:00</b>	21,6666667	20	20,1666667		20
<b>12:00:00</b>	22,3076923	20,5833333	20,8181818		20,1538462
<b>13:00:00</b>	23,1666667	21,5	21		21
<b>14:00:00</b>	24	22,3333333	21,2727273		21
<b>15:00:00</b>	24	21,9230769	22		21,9166667
<b>16:00:00</b>	24,5833333	21,6666667	22,7		22
<b>17:00:00</b>	25	22,4166667	23,5454545		22,75
<b>18:00:00</b>	24,7692308	21,7692308	23,875		22,6666667
<b>19:00:00</b>	24	21			22
<b>20:00:00</b>	23,5	21		23	22
<b>21:00:00</b>	23	20,4615385		23	21,9166667
<b>22:00:00</b>	22,3076923	20,5833333		23	21

Fonte: Autor

Na terceira tabela foi feita uma a somatório de horas dos horários que haviam aula, e relacionar com a média de temperatura por hora, e comparar a temperatura de aula com a norma NR 17 ( com o nível de temperatura ideal para trabalhos que envolvam atividades intelectuais ) para saber se era necessário o aparelho estar ligado ou não. Como alguns

dados não foram obtidos ao longo do dia, como na quarta feira e quinta feira, foi considerado que o aparelho estaria ligado.

**Tabela 10: Consumo de energia após o uso da NR-17**

	SEGUNDA	TERÇA	QUARTA	QUINTA	SEXTA
<b>HORAS DE AULA (H)</b>	7	0	2 + (3,32)	13,83	0
<b>CONSUMO DE ENERGIA (KW)</b>	44,11	0	33,52	87,15	0
<b>PREÇO DIÁRIO (\$)</b>	22,93	0	17,43	45,31	0
<b>VALOR TOTAL</b>			85,67		

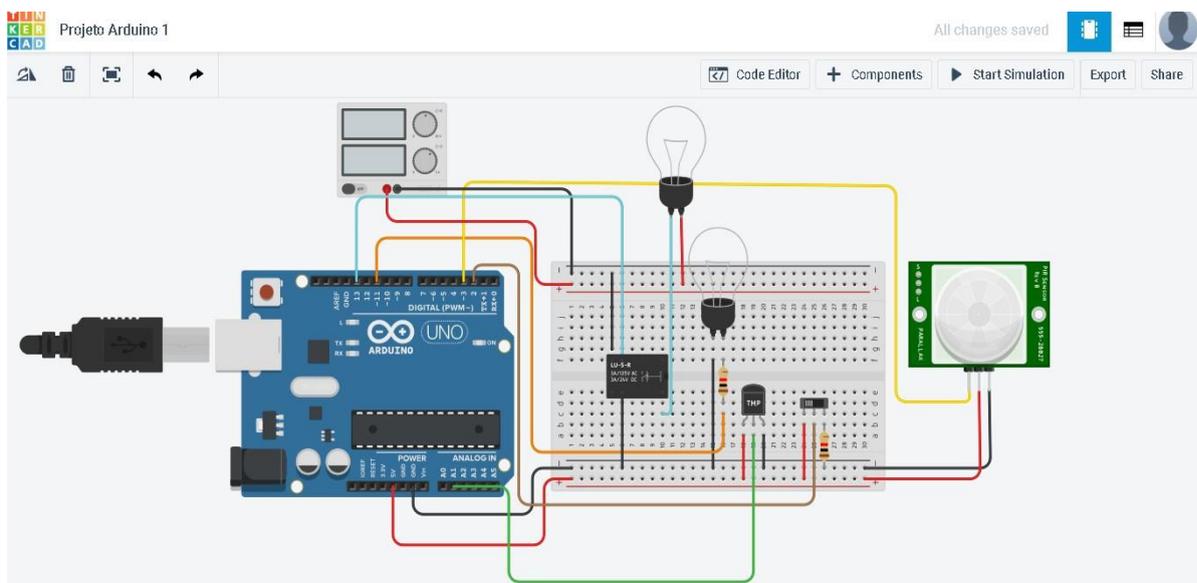
Fonte: Autor

## 7 RECOMENDAÇÕES

Foi realizada a criação de uma simulação, no site *tinkercad.com* para ser a continuação do projeto, onde ele iria controlar o aparelho de ar condicionado quando a temperatura chegasse a certo nível. Um sistema inteligente que usaria o sensor de movimento para seu acionamento e o sensor de temperatura. As imagens a seguir são referentes a simulação e o código.

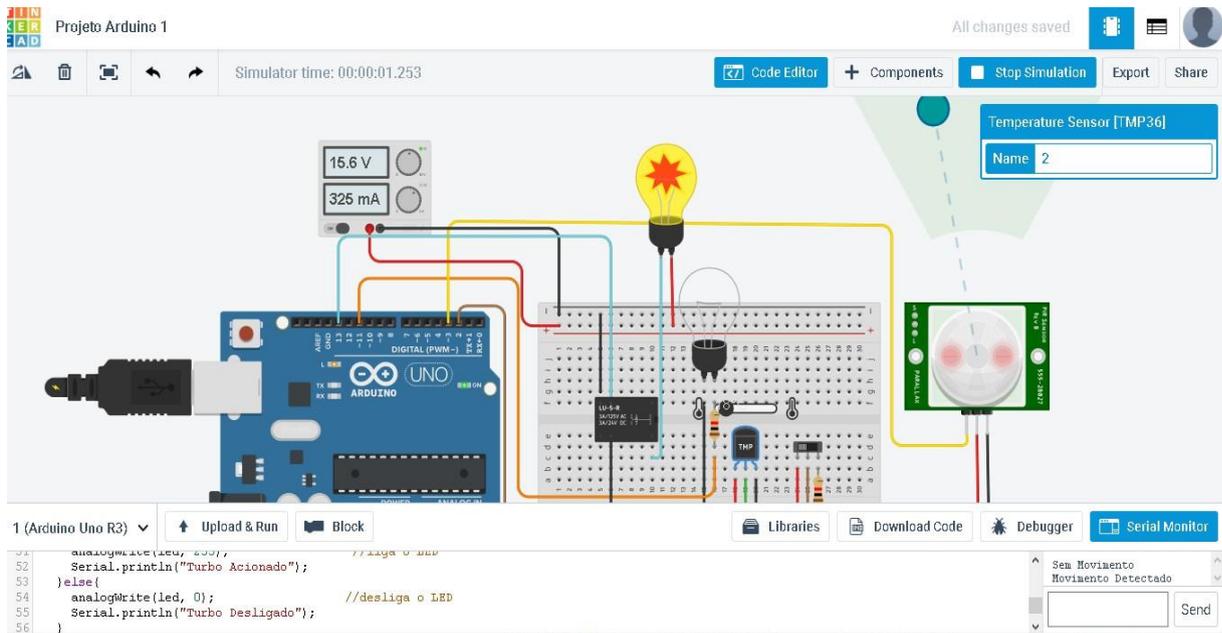
Alguns valores e componentes estão diferentes, pois era o que o simulador oferecia.

**Figura 36: Simulação no site tinkercad (desligado)**



Fonte: Autor

**Figura 37: Simulação no site tinkercad (ligado)**



Fonte: Autor

**Figura 38: Componentes utilizadas na simulação do tinkercad**

Name	Quantity	Component
U1	1	Arduino Uno R3
S1	1	Slideswitch
U2	1	Temperature Sensor [TMP36]
R1	1	1 kohm Resistor
R2	1	1 uohm Resistor
LTURBO LAR CONDICIONADO	2	Light bulb
PIR1	1	-42.191978424430204 , -224.65809268506763 , -224.65809268506763 PIR Sensor
P1	1	15.600000000000001 , 3.2 Power Supply
K1	1	Relay SPDT

Fonte: Autor

**Tabela 11: Código fonte utilizado no site tinkercad**

```
// NÃO ALTERAR
int val;
int tempPin = A1;
int led = 11; // pino do LED
int pushButton = 2; // pino do botão liga/desliga do sensor
int pinorele = 13; // Pino ligado ao rele
```

```
int pinopir = 3; //Pino ligado ao sensor PIR;
int acionamento; //Variavel para guardar valor do sensor
float graus, voltagem, tempCelsius;

// CONFIGURAÇÕES
float intAvaMoviment = 0.5; // intervalo em segundos para checar se há movimento

void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  pinMode(led, OUTPUT);
  pinMode(pushButton, INPUT);
  pinMode(pinorele, OUTPUT); //Define pino rele como saida
  pinMode(pinopir, INPUT); //Define pino sensor como entrada
}

void loop()
{
  int acionamento = digitalRead(pinopir); //Le o valor do sensor PIR

  if (acionamento == HIGH) //Com movimento, mantem rele ligado
  {
    digitalWrite(pinorele, HIGH);
    Serial.println("Movimento Detectado");
  }
  else //Desliga o rele
  {
    digitalWrite(pinorele, LOW);
    Serial.println("Sem Movimento");
  }

  int buttonState = digitalRead(pushButton); // estado do botão (lig/des)
```

```

if (buttonState == 0) { // se desligado

    val = analogRead(tempPin); // valor captado pelo sensor
    voltagem = (val * 5) / 1024.0;
    tempCelsius = (voltagem - 0.5) * 100; // temperatura em graus Celsius

    Serial.print("Temperatura Atual( °C) = ");
    Serial.println(tempCelsius);

    if (tempCelsius > 25) {
        analogWrite(led, 255); //liga o LED
        Serial.println("Turbo Acionado");
    } else {
        analogWrite(led, 0); //desliga o LED
        Serial.println("Turbo Desligado");
    }
} else { // se botão está ligado
    analogWrite(led, 0);
}

delay(intAvaMoviment * 2000); // avalia se há movimento
}

```

Fonte: Autor

## 8 CONCLUSÃO

O presente trabalho mostrou a importância de se estudar a eficiência energética nos mais diversos setores, além de ser vista de diversos pontos de vista, e demonstrou desenvolvimento, a baixo custo, de um protótipo utilizando um módulo WiFi, ESP8266, e o sensor DHT11, para o monitoramento de temperatura interna de um ambiente.

O módulo WiFi utilizado é capaz de fazer a leitura do sensor de temperatura e mandar os dados obtidos para uma plataforma online. Além disso, o módulo WiFi se

comunica com uma plataforma online, possibilitando assim a visualização em tempo real do sistema de monitoramento.

O sistema de monitoramento proposto no trabalho apresentou um desempenho satisfatório, visto que o mesmo conseguiu recolher dados de temperatura por um período elevado.

O ThingSpeak é um serviço que oferece uma infraestrutura de web e um protocolo de comunicação baseado em http para envio e recebimento de dados gerados em qualquer dispositivo com recursos para comunicação em rede.

Como sugestões para trabalhos futuros propõem-se a utilização de um sistema que permita não só monitorar a temperatura do ambiente construído, mas também controlá-la. Além disso, a criação de uma rede onde possa ter total controle sobre saber os níveis de temperatura tanto dentro quanto fora da sala, podem diminuir gradativamente as contas de energia.

## 9 REFERÊNCIAS

ALTOÉ, L. *et al.* Políticas públicas de incentivo à eficiência energética. *Estudos Avançados*, v. 31, n. 89, p. 285–297, 2017. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-40142017000100285&lng=pt&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142017000100285&lng=pt&tlng=pt)>.

ANHANGUERA, F. SISTEMA DE CLIMATIZAÇÃO SUSTENTÁVEL. v. 1, 2013.

ARAGÓN, C. S.; PAMPLONA, E.; MEDINA, J. R. V. Identificação de investimentos em eficiência energética e sua avaliação de risco. *Gestão & Produção*, v. 20, n. 1, p. 525–536, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0104-530X2013000300003>>.

ARAÚJO, Í. Desenvolvimento De Um Protótipo De Automação Predial / Residencial Utilizando a Plataforma De. *Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia*, NULL, v. XL, 2012.

ATMEL. *Tecnologias de microcontroladores comprovadas e inovadoras com baixa potência e alto desempenho*. Disponível em:

<<http://www.atmel.com/pt/br/products/microcontrollers/default.aspx>>. Acesso em: 12 out. 2017.

BARRETO, G. P. Sistema de monitoramento e controle de consumo de energia elétrica para uma residência. p. 1–125, 2015.

BARROS, A. V. *et al.* AUTOMAÇÃO DO CONTROLE DE TEMPERATURA DO AR DE REGENERAÇÃO DE UM ROTOR DESSECANTE UTILIZANDO MICROCONTROLADOR. n. 1, 2010.

BRASIL, U. *Saiba o que é open source e conheça a sua importância*. Disponível em: <<http://noticias.universia.com.br/destaque/noticia/2014/04/01/1092713/saiba-e-open-source-e-conheca-sua-importancia.html>>. Acesso em: 17 out. 2017.

CAMIOTO, F. DE C.; REBELATTO, D. A. DO N.; ROCHA, R. T. Análise da eficiência energética nos países do BRICS: um estudo envolvendo a Análise por Envoltória de Dados. *Gestão & Produção*, v. 23, n. 1, p. 192–203, 2016. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0104-530X2016000100192&lng=en&nrm=iso&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-530X2016000100192&lng=en&nrm=iso&tlng=pt)>.

CARLOS, S. Avaliação do consumo de energia elétrica do setor residencial brasileiro : propostas de ações governamentais para o aumento de sua eficiência Avaliação do consumo de energia elétrica do setor residencial brasileiro : propostas de ações governamentais para. refrigeradores, 2014.

CEZAR, I. P. S. *et al.* Climatização de ambiente industrial com controle PID e supervisão remota via WEB. 2012.

CUNHA, S.; COELHO, F.; SILVA, D. S. Sistemas de supervisão e aquisição de dados para o sistema operacional android. 2013.

CURVELLO, A. *Apresentando o módulo ESP8266 - Embarcados - Sua fonte de informações sobre Sistemas Embarcados*. Disponível em:

<<https://www.embarcados.com.br/modulo-esp8266/>>. Acesso em: 12 out. 2017.

FENERICH, F. C.; COSTA, S. E. G.; LIMA, E. P. DE. Energy Efficiency in Industrial Environments : Overview and Research Agenda. v. 15, n. 3, p. 415–422, 2017.

FERNANDES, A. M. ESTIMATIVA DO IMPACTO DAS VARIAÇÕES DE TEMPERATURA SOBRE O CONSUMO RESIDENCIAL DE ENERGIA ELÉTRICA

NO RIO DE JANEIRO. *Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional*, p. 1332–1343, 2013.

FILHO, M.; IAN, V. A importância da prototipação no design de games. p. 312–318, 2013.

FROZZA, J. F. Eficiência Energética Em Indústria Frigorífica: Desafios de Implantação. p. 127, 2013.

GUILHERME, J. O IMPACTO DE BOAS PRÁTICAS DE GESTÃO E UTILIZAÇÃO DOS. 2015.

HEREO ÍRIS, A. EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS RESIDENCIAIS: COMO REDUZIR O CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA ABREU, Hereo Íris de 1. 2016.

J. OLIVEIRA JÚNIOR, A.; A. VICENTIN, T.; R. CUNHA, A. AVALIAÇÃO DO SENSOR DHT11 - MEDIDAS DE TEMPERATURA E UMIDADE RELATIVA DO AR. n. 1, p. 8–10, 2014.

JORGE GARCIA DE OLIVEIRA, M. Desenvolvimento de uma plataforma para Internet das Coisas baseada em Wi-Fi Mário. 2017.

JOS, R.; MORGADO, L. ESTUDO E APLICAÇÃO DE UM SISTEMA DE CONTROLE AUTOMÁTICO DE TEMPERATURA AMBIENTE. 2008.

KAPPLER, G. AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE CLIMATIZAÇÃO DE SISTEMA TERRA-ÁGUA-AR AUXILIADO POR ENERGIA FOTOVOLTAICA. 2016.

KRÜGER, E. L.; MORI, F. Análise da eficiência energética da envoltória de um projeto padrão de uma agência bancária em diferentes zonas bioclimáticas brasileiras. *Ambiente Construído*, v. 12, n. 3, p. 89–106, 2012.

LACERDA, F.; LIMA-MARQUES, M. Da necessidade de princípios de Arquitetura da Informação para a Internet das Coisas. *Perspectivas em Ciência da Informação*, v. 20, n. 2, p. 158–171, 2015. Disponível em:

<[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1413-99362015000200158&lng=pt&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-99362015000200158&lng=pt&tlng=pt)>.

LINCOLN, F. DESENVOLVIMENTO DE SISTEMA DE CONTROLE E

AQUISIÇÃO MICROCONTROLADO. 2010.

METZNER, V.; SILVA, R. F.; CUGNASCA, C. E. Modelo de rastreabilidade de medicamentos utilizando identificação por radiofrequência, redes de sensores sem fio e o conceito de internet das coisas. *In: XXVIII ANPET - Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes, 2014, Curitiba, PR. Anais do XXVIII ANPET - Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes*, n. 1, p. 1–12, 2014.

NETO, J. R. P.; BIANCHINI, D. Analyzing Consumer Behavior on Residential Energy Efficiency Using Fuzzy Logic Model. *NULL*, v. 13, n. 10, p. 3269–3276, 2015.

OLIVEIRA, V. M. DE. Eficiência Energética em Sistema de Ar comprimido : Estudo de Caso em uma Indústria de Embalagens Plásticas Flexíveis. 2016.

OSAL, C. *et al.* NOTA TÉCNICA 3RO TALLER DE “ EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA LA SEGURIDAD Y LA SOSTENIBILIDAD DE IBEROAMÉRICA ( EFESOS )” Consumo Eléctrico ( kWh per capita ). v. 16, n. 62, p. 65–71, 2012.

PAULO, J. ANÁLISE DO DESEMPENHO DE REFRIGERADORES. 2016.

PAULO, U. D. S.; ECONOMIA, P. D. P. Estudo da disposição a pagar por eficiência energética : o caso dos refrigeradores no Brasil. 2015.

PINTO PRADELLA, M.; FERNANDO FOLLE, L. ANÁLISE DE MERCADO SOBRE TECNOLOGIAS DE. v. 1, p. 1–12, 2014.

PIRES, G. Análise do uso de inversores para motores monofásicos em aparelhos de ar condicionado visando à eficiência energética. 2014.

PÓVOA, M. C. B. L. Fatores De Influência Na Eficiência Energética. *NULL*, 2014. Disponível em: <<http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10010700.pdf>>.

PRADO, P. H. S. Controle E Monitoramento Da Temperatura De Um Ambiente Utilizando Um Conjunto Microcontrolador/Pc. 2011.

ROBERTO, C.; THIAGO, F. Eficiência Energética Aplicada aos Processos Produtivos Polo : Novo Hamburgo ANÁLISE DE VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔ. p. 1–43, 2014.

ROSA, F. I.; ROSA, F. I. Avaliação Energética da Policlínica Naval Nossa Senhora da Glória. 2014.

- RUIZ-VEGA, J. *et al.* Productivity and energy efficiency of three tillage systems for maize (*Zea mayz* L.) production. *Revista Facultad de Ingenieria*, v. 2015, n. 76, p. 66–72, 2015.
- SALAZAR, M. B. Universidade de São Paulo Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” Demanda de energia na indústria brasileira : efeitos da eficiência energética Piracicaba 2012 Orientador : 2012.
- SALOIO, B. H. Instrumentação e controle de um sistema de ar condicionado híbrido. 2009.
- SALVIA, A. L.; PILONETTO, I.; BRANDLI, L. L. Desafios Na Aplicação Da Sustentabilidade No Setor Elétrico Brasileiro. p. 1–15, 2016.
- SANTANA, P.; PAIS, M. PALOMA SANTANA MOREIRA PAIS DEMANDA DE ENERGIA ELÉTRICA NO BRASIL NO PERÍODO PÓS- RACIONAMENTO Dissertação apresentada à Universidade Federal. 2012.
- SANTOS, W. S. E. *et al.* Miniestação agronomica baseada na plataforma ESP8266 para aplicações agrícolas. 2016.
- SARTORI, G.; ARIEL MOLINA, L.; CEZAR GONÇALVES DE LIMA, W. Desenvolvimento de um sistema microcontrolado de baixo custo utilizando smartphone para aplicações de automação residencial. 2013.
- SIMÕES, G. Consumo De Energia Em Edificações Climatizadas. 2011.
- SOLA, A. V. H.; MOTA, C. M. DE M. Melhoria da eficiência energética em sistemas motrizes industriais. *Production*, v. 25, n. 3, p. 498–509, 2015. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-65132015005063311&lng=pt&nrm=iso&tlng=en](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-65132015005063311&lng=pt&nrm=iso&tlng=en)>.
- SOUSA, D. N. DE. Eficiência Energética na Iluminação Pública. 2012.
- SOUZA, A. DE; GUERRA, J. C. C.; KRUGER, E. L. Os programas brasileiros em eficiência energética como agentes de reposicionamento do setor elétrico. *Revista Tecnologia e Sociedade*, NULL, v. 1, p. 1–7, 2011.
- SOUZA, C. DE. Projeto De Automação Residencial Utilizando Um Microcontrolador Da Família 8051 E Supervisionado Por Uma Plataforma Desenvolvida No Eclipse E3.

2011.

THOMSEN, A. *Monitorando Temperatura e Umidade com o sensor DHT11 - FilipeFlop*. Disponível em: <<https://www.filipeflop.com/blog/monitorando-temperatura-e-umidade-com-o-sensor-dht11/>>. Acesso em: 13 out. 2017.

UGULINO, W. *et al.* Uma Abordagem Sistemática de Prototipação Colaborativa para a Criação de Tangíveis Uma Abordagem Sistemática de Prototipação Colaborativa para a Criação de Tangíveis. n. October, 2013.

VANEGAS, J.; BOTERO, S. Eficiencia energética en microempresas de Medellín: un estudio de valoración de barreras. (Spanish). *Energy efficiency in microenterprises in Medellín: a study of barriers valuation. (English)*, n. 77, p. 129–161, 2012. Disponível em:

<<http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=fua&AN=86111863&lang=es&site=ehost-live>>.

VENTURINI, O. J.; PIRANI, M. J. Eficiência energética em sistemas de refrigeração industrial e comercial. p. 316, 2005.

WEG. *Eficiência Energética - Aplicações Industriais / WEG*. Disponível em: <<http://www.weg.net/institutional/BR/pt/solutions/energy-efficiency/industrial-applications>>. Acesso em: 28 nov. 2017.