



**INSTITUTO FEDERAL**

Sertão Pernambucano

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO  
SERTÃO PERNAMBUCANO  
CAMPUS SALGUEIRO  
CURSO TECNÓLOGO EM SISTEMAS PARA INTERNET**

**MICHAEL DYDEAN DE ARAÚJO SANTOS**

**UTILIZANDO INTERNET DAS COISAS (IOT) PARA CONTROLE DE  
EQUIPAMENTOS DE AR-CONDICIONADO: SOLUÇÕES E DESAFIOS  
TECNOLÓGICOS**

**SALGUEIRO**

**2021**

MICHAEL DYDEAN DE ARAÚJO SANTOS

UTILIZANDO INTERNET DAS COISAS (IOT) PARA CONTROLE DE  
EQUIPAMENTOS DE AR-CONDICIONADO: SOLUÇÕES E DESAFIOS  
TECNOLÓGICOS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à coordenação do curso de Sistemas para Internet do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano, campus Salgueiro, como requisito para obtenção do título de Tecnólogo em Sistemas para Internet.

Orientador(a): Prof. Marcelo Anderson Batista dos Santos.

SALGUEIRO

2021

MICHAEL DYDEAN DE ARAÚJO SANTOS

UTILIZANDO INTERNET DAS COISAS (IOT) PARA CONTROLE DE  
EQUIPAMENTOS DE AR-CONDICIONADO: SOLUÇÕES E DESAFIOS  
TECNOLÓGICOS

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado à coordenação do curso  
de Sistemas para Internet do Instituto  
Federal de Educação, Ciência e  
Tecnologia do Sertão  
Pernambucano, campus Salgueiro,  
como requisito para obtenção do  
título de Tecnólogo em Sistemas  
para Internet.

Aprovado em: 05/04/2021.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Marcelo Anderson Batista dos Santos (IF Sertão-PE)  
Orientador

---

Prof. Woshington Sousa (IF Sertão-PE)  
Membro Interno

---

Prof. Francisco Fernandes (IF Sertão-PE)  
Membro Interno

SALGUEIRO

2021

# Utilizando Internet das Coisas (IoT) para Controle de Equipamentos de Ar-Condicionado: Soluções e Desafios Tecnológicos

Michael Dydean de Araújo Santos<sup>1</sup>, Marcelo Anderson Batista dos Santos<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto Federal do Sertão Pernambucano – Campus Salgueiro (IFPE) – Salgueiro - PE  
– Brasil

michael.dydean@aluno.ifsertao-pe.edu.br, marcelo.santos@ifsertao-pe.edu.br

**Abstract.** *IoT technology makes it possible to reduce electricity consumption and control electronic devices automatically and remotely over the internet. Refrigeration systems, such as air conditioning, are great villains in energy consumption, causing high financial costs, thus making intelligent and automatic management indispensable. The present work has as a problem the reduction of electric energy consumption avoiding the waste of electricity.*

*SResfri Gestão is a low cost IoT solution that allows you to remotely manage refrigeration equipment. The Arduino prototype uses functions to control the ideal humidity and temperature in an environment, providing energy reduction and consequently saving on the cost of consumption. The methodological proposal is based on applied, exploratory and experimental research, and is also based on the case study method. The electronic circuit developed so far is composed of infrared sensors and their functionality in sending and receiving IR signals. Currently, the front-end application for the Android platform has visualization screens and management of air conditioning equipment.*

**Resumo.** *A tecnologia IoT viabiliza a redução do consumo de energia elétrica e controle de dispositivos eletrônicos de forma automática e remota através da internet. Os sistemas de refrigeração, como ar-condicionado, são grandes vilões no consumo de energia causando altos custos financeiros, com isso tornando indispensável o gerenciamento inteligente e automático. O presente trabalho tem como problemática a redução de consumo de energia elétrica evitando o desperdício de eletricidade.*

*O SResfri Gestão é uma solução IoT de baixo custo, que permite gerenciar remotamente equipamentos de refrigeração. O protótipo em Arduino utiliza funções para controlar a umidade e temperatura ideal em um ambiente, proporcionando redução energética e consequentemente economia no custo pelo consumo. A proposta metodológica é baseada em uma pesquisa aplicada, exploratória e experimental, e tem também como base o método de estudo de caso. O circuito eletrônico desenvolvido até o momento é composto por sensores infravermelho e suas funcionalidades no envio e recepção de sinais IR. Atualmente a aplicação front-end para a plataforma Android conta com telas de visualização e gestão de equipamentos de ar condicionados.*

## 1 Introdução

A tecnologia atualmente vem trazendo diversas soluções que tornam a vida prática, cômoda e eficiente nos mais diversos aspectos do dia a dia e ambientes de convívio. Atualmente temos aplicações baratas que promovem ações sem a interação explícita do indivíduo ou que necessite do esforço manual, tornando a tecnologia mais natural, automática e aparentemente independente. Muito se fala em tecnologias ubíquas<sup>1</sup>, sistemas inteligentes<sup>2</sup>, domótica<sup>3</sup> e a inserção da computação no contexto social. A aplicabilidade deste tipo de tecnologia é imensa, sendo útil no campo industrial, no meio urbano e ambientes domésticos de forma implícita e rápida.

As aplicações voltadas ao conceito de Internet das Coisas (IoT) vem se popularizando. Existem diversos produtos com a capacidade computacional e a possibilidade de conectar-se à rede e de ser identificado. A IoT, vem transformando a vida e o meio de convívio da sociedade, seja na mobilidade, saúde, trabalho, na segurança ou lazer, as pessoas estão cada vez mais se engajando neste novo rumo tecnológico.

Atualmente existem mais dispositivos eletrônicos conectados na internet do que o número de pessoas existentes no planeta. O impacto é grande no contexto socioeconômico, onde podemos destacar as *Smart Cities* e as *Smart Homes* que propiciam melhoria na qualidade de vida e praticidade no desempenho de atividades do dia a dia, seja para a pessoa comum, pública ou privada.

Uma vertente da utilização do paradigma de IoT é a redução do consumo de energia elétrica através do controle de dispositivos eletrônicos de forma automática ou até mesmo remota. Nesse sentido, podemos destacar sistemas de refrigeração, como ar-condicionado, como grandes vilões no consumo de energia e geração de altos custos. Um problema facilmente identificável é relacionado ao não desligamento adequado do equipamento. De fato a ineficiência no sistema de refrigeração pode ser gerada também por vários outros fatores, como: incoerência da gestão da temperatura ideal, incapacidade de segregação da temperatura interna com a externa, utilização do sistema sem que haja pessoas ou recursos que necessitem de resfriamento.

Nesse contexto, este trabalho tem sua problemática voltada à economia, redução no consumo de energia elétrica evitando o desperdício e proporcionando o controle de condicionadores de ar, aplicando o paradigma da Internet das Coisas. Para isso, será desenvolvido uma solução baseada em hardware e software de baixo custo para gerenciar esses equipamentos, chamada de SResfri Gestão.

O SResfri Gestão é um protótipo de circuito eletrônico composto por Arduino e sensores e um aplicativo para *gadget* que possibilita controlar e monitorar remotamente através de gadgets os condicionadores de ar com o objetivo de tornar possível a redução no consumo de energia elétrica. Algumas das funções são a de controlar e monitorar a temperatura ideal e coletar informações de uma sala equipada com esses sistemas de refrigeração para então decidir automaticamente uma ação a partir de uma avaliação em tempo real.

---

<sup>1</sup> Ubíqua refere-se ao que pode ser encontrado em todos os lugares; que está em toda e qualquer parte.

<sup>2</sup> Sistemas inteligentes softwares e hardwares que possuem capacidades racionais para solucionar problemas.

<sup>3</sup> Domótica é a aplicação de sistemas de automação em ambientes de convívio.

A relevância do projeto está baseada no objetivo de buscar a eficiência energética ao gerir remotamente e automaticamente através do SResfri Gestão os ar-condicionado nas dependências do Instituto federal campus salgueiro.

Este artigo está estruturado da seguinte forma: a Seção 2 traz a revisão da literatura, onde temos as abordagens sobre os temas: IoT, cidades inteligentes, domótica e ubiquidade, sistemas de climatização e o consumo de energia e o levantamento de trabalhos relacionados à proposta deste trabalho. Na Seção 3, é tratado sobre os tipos de microcontroladores e seus respectivos custos, redes de comunicação e controle de dispositivos utilizando sensores infravermelhos e de umidade/temperatura, e para fechar a seção temos uma abordagem da solução proposta SResfri Gestão. A Seção 4 trata da metodologia empregada no trabalho. Na Seção 5 temos alguns resultados produzidos com o desenvolvimento do trabalho. Na Seção 6 temos as considerações finais sobre o artigo. E por fim, na Seção 7 temos todas as referências utilizadas para desenvolver o presente trabalho.

## **2 Revisão da Literatura**

### **2.1 Internet das Coisas (IoT)**

O termo IoT teve origem com o KEVIN ASTHON, um dos co-fundadores e diretor executivo do Auto-ID Center. O mesmo comentou no RFID Journal em 2009 que a frase “Internet of Things” surgiu após um título de uma apresentação na Procter & Gamble (P&G) em 1999, que na ocasião estava vinculada a ideia de RFID - que era um tema em alta na internet. Ele na oportunidade queria apresentar a relação homem-computador e ressaltar a importância de capacitar os computadores com múltiplos meios de coleta de informações, passando a ver, ouvir e cheirar. O mesmo disse: “A Internet das coisas tem o potencial de mudar o mundo, assim como a Internet sim. Talvez ainda mais”.

Atualmente o foco das inovações está atrelado ao IoT, que se refere a objetos que possuem características computacionais (ubíqua ou não) e inteligência, com a composição basicamente formada por sistemas embarcados, sensores, atuadores e que se conectam a internet para prover trocas e processamento de dados. Sua utilização pode ocorrer nos mais distintos ambientes em comunhão com diversos outros dispositivos, com o envolvimento ou não de pessoas na dinâmica. De fato, temos o IoT como uma tecnologia composta por dispositivos e conexão, onde no termo as ‘coisas’ como representantes da diversidade de dispositivos IoT, logo temos uma definição dada por (SANTOS, 2018):

“Uma coisa, na Internet das Coisas, pode ser uma pessoa com um implante de monitor cardíaco, um animal de fazenda com um transponder de biochip, um automóvel que tenha sensores embutidos para alertar o motorista quando a pressão estiver baixa - ou qualquer outro ou objeto criado pelo homem que pode ser atribuído a um endereço IP e fornecido com a capacidade de transferir dados através de uma rede.”

Logo temos o entendimento que a IoT é tudo que tem o poder de conectar-se a internet e de ser identificado na rede. Para reforçar temos a descrição dada por (CUNHA, 2018), “A IoT representa uma extensão da internet atual, que proporciona

aos objetos do dia a dia (quaisquer que sejam), mas com capacidade computacional e de comunicação, se conectarem à internet”.

Há muitos anos o campo da computação propicia a evolução no meio de vida humana, a IoT que é uma das aplicações práticas, traz consigo um enorme leque de aplicabilidades, como em: cidades inteligentes (Smart Cities), saúde (Healthcare), casas inteligentes (Smart Home), Indústria (IIoT), são algumas das mais importantes. Dentre os impactos causados, temos os ganhos econômicos e geração de renda. Segundo relatório feito pela consultoria (McKinsey, 2015), previa um aumento de dispositivos conectados à internet e isso acarretaria receitas em nível mundial, algo entre US\$3,9 trilhões e US\$11,1 trilhões em 2025. O (SegInfo, 2019) traz: “Uma previsão da IDC (International Data Corporation) estima que haverá 41,6 bilhões de dispositivos conectados à IoT, que fará uma geração de aproximadamente 79,4 zettabytes em dados digitais em 2025”.

Portanto, temos a IoT se engajando integralmente na sociedade, o número de objetos digitais está cada vez maior, e vem crescendo em ritmo acelerado. As inovações e produtos de automação e outros com capacidades inteligentes, estão cada vez mais compondo projetos públicos, privados e até domésticos.

## **2.2 Cidades Inteligentes, Domótica e Ubiquidade**

### **2.2.1 Cidades Inteligentes**

As cidades inteligentes ou *Smart City* (termo estrangeiro amplamente falado neste sentido), tão falada nos últimos anos e que são realidades em vários locais do mundo, são compostas por tecnologias com capacidades inteligentes e conexões digitais que provêm qualidade de vida aos que estão envolvidos nelas (os cidadãos). Também são definidas como cidades autossustentáveis que dispõem de tecnologias que necessitam de poucos recursos para seu funcionamento, tais como: baixo consumo energético propiciado pela eficiência; mecanismo próprio de geração de energia, um exemplo é a energia solar; impacto financeiro reduzido.

O avanço da microcomputação e sistemas embarcados facilitaram a adoção das tecnologias de informação e comunicação (TICs), sendo então pouco a pouco bem implementadas e com isso trazendo muitas vantagens. Através de um engajamento digital propiciado por entidades públicas, as pessoas tornam-se mais envolvidas na gestão e planejamentos como um todo, seja na saúde, segurança, mobilidade e até economia. Informações compartilhadas entre centros digitais, personalização de canais de comunicação por robôs (chatbots), segurança pública via sistemas de câmeras de gestão remota, serviços públicos mais eficientes e acessíveis por gadgets<sup>4</sup>, utilização de sistemas inteligentes e automação em edifícios particulares e públicos são algumas das características.

Os centros urbanos são locais importantíssimos para a inclusão de soluções digitais baseadas em IoT, sua população em geral - que está em constante crescimento - necessitam cada vez mais de amparos tecnológicos eficientes e cómodos. Levantamentos feitos pela ONU mostram que os centros urbanos acomodam metade da

---

<sup>4</sup> Gadget é uma designação para dispositivos eletrônicos portáteis, criados para facilitar funções específicas e úteis no cotidiano.

população mundial, cerca de 3,5 bilhões de pessoas. Ainda se estima que esse número subirá para 5 bilhões em até 2050 (ONU News, 2020). No Brasil temos diversos desafios na implantação de tecnologias digitais, como: projetos baseados em estudos e impactos financeiros. Segundo mapeamentos realizados por (EDUARDO; ALVES, 2018), as soluções de IoT com o maior potencial de impacto socioeconômico encontradas nas cidades foram:

- Câmeras de trânsito e controle de tráfego centralizado e adaptável;
- Monitoramento de crime por vídeo e sensores;
- Medidores inteligentes de energia elétrica;
- Iluminação pública inteligente; e
- Medidores de água inteligentes para gestão da demanda.

No Brasil temos um grande propulsor federal notável, o BNDES. O banco nacional de desenvolvimento em parceria com o Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC), em 2016, deu início a definição de um plano de ação para o Brasil em IoT. O BNDES Piloto IoT, tem seu objetivo voltado a seleção de projetos-piloto de testes de solução tecnológicas de IoT nos 3 principais campos: cidades, saúde e rural. Por exemplo, nas cidades os setores que serão favorecidos são: Mobilidade, segurança, eficiência energética e saneamento.

Atualmente temos a cidade de São Paulo como exemplo de cidade inteligente e digitalmente conectada. De acordo com os estudos realizados pela Urban Systems - em parceria com a Necta - mapearam 673 municípios, com população acima de 50 mil habitantes, com maior potencial de desenvolvimento levando em consideração 11 setores e seus indicadores, tais como: saúde, mobilidade, segurança, tecnologia e inovação, energia entre outros. O Ranking CSC 2020 trouxe São Paulo-SP como primeiro colocado, Florianópolis-SC e Curitiba-PR nas seguintes posições (Ranking CSC 2020). Temos uma grande quantidade de municípios inteligentes e conectados na região sudeste, investimentos e a implementação de projetos em diversos setores pelo poder público proporcionando o melhoramento dos serviços públicos e na vida dos cidadãos.

## **2.2.2 Domótica e Ubiquidade**

Como ressaltado anteriormente sobre a importância da tecnologia na sociedade e no cotidiano, o termo domótica inclui-se no assunto devido às suas características de tornar o ambiente automatizado. Temos aqui a utilização em locais residenciais (extensível às edificações em geral), os sensores e atuadores interconectados na infraestrutura definem a mecânica da domótica na prática.

A domótica é atuante no ambiente de convívio promovendo a automação de tarefas realizadas rotineiramente. A palavra ‘domótica’ refere-se à combinação da palavra romana domus, que se refere à casa, com a palavra robótica (JUNIOR & FARINELLI, 2018). O termo foi utilizado pela primeira vez pelo francês Bruno de Latour, em 1984, onde o mesmo descreveu que a domótica refere-se a um sistema que integra diversas características técnicas de uma habitação, tais como iluminação, monitoramento e controle de energia (LATOUR, 2009). Na domótica temos sistemas que torna possível o controle (local ou remoto) da iluminação, climatização, segurança e alarmes, controlar o desperdício de água, melhorar a eficiência energética e reduzir gastos, além de outras aplicações. Sendo que os sistemas são automatizados por



comandos pré-programados, mas que também contam com controles manuais. Em outras palavras, estes sistemas reagem a comandos programados por dispositivos eletrônicos (sensores, interruptores, smartphones) ou conjuntos de regras e instruções pré-programadas os tornando passivos.

Neste aspecto temos a evolução destas aplicações de comunicação e informação, no contexto muito mais sensível e natural, adaptando-se ao ambiente no qual se encontra e ao usuário. A onipresença da computação envolvida nos processos e na mecânica da domótica, ou num aspecto mais abrangente quando se fala em aplicações IoT, fica explícito na atuação inteligente e coleta de dados para análises e auto-aperfeiçoamento objetivando uma independência dos sistemas nas suas ações, tarefas. Outra característica é a interconexão com outros sistemas dispersos no ambiente.

Hoje em dia temos produtos no mercado que oferecem diversas facilidades e funções que trazem qualidades no desempenho de uma atividade sem que necessariamente o usuário interfira nas ações destes aparelhos diretamente. Podemos citar, por exemplo, as roupas inteligentes que se adapta ao corpo do atleta e também fornece uma temperatura ideal de acordo com o ambiente atual; Relógios inteligentes que monitoram a frequência cardíaca e se necessário emitem sinais para algum contato cadastrado (médico ou acionam a emergência) caso ocorra anormalidades no usuário.

### 2.3 Sistemas de Climatização e o Consumo de Energia

De acordo com Abesco, a eficiência energética é uma atividade que busca melhorar o uso das fontes de energia. Consiste em usar de modo eficiente a energia; refere-se à relação entre o quantitativo empregado em uma atividade e a totalização disponibilizada para a realização.

Neste âmbito, temos o Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) coordenado pelo Inmetro, que fornece informações sobre a eficiência energética dos equipamentos. Sendo possível optar por aparelhos mais eficientes no momento de aquisição de um eletrodoméstico ou eletrônico. O Selo Procel (Figura 1) indica ao consumidor aparelhos que possuem melhores níveis de eficiência energética, provendo então menos consumo de energia, acarretando economia mensal e gerando menos impactos ambientais.

Figura 1 - Selo Procel



Fonte: Procel, 2021.

O Brasil não é um país exemplo quando se fala em ‘Eficiência Energética’. Segundo um levantamento feito pelo Conselho Americano para uma Economia de Energia Eficiente (Aceee), avaliou indicadores de 12 países e traçou um ranking. Neste ranking, o Brasil aparece em 10º posição deixando a desejar na gestão da energia que consome (BARBOSA, 2016). No país, o desperdício de energia é o gerador de grandes impactos econômicos, como por exemplo, o custo financeiro. A importância da gestão da energia é fundamental e requer maior empenho para implantação de boas políticas públicas, privadas e práticas sociais, além de investimentos por parte destes. De acordo com a Abesco, estima que com projetos de eficiência energética, a indústria tem potencial de reter uma economia de R\$4 bilhões por ano. Logo, torna-se atrativo investir cada vez mais no setor através de projetos de infraestrutura e tecnologias. O custo, consumo e eficiência energética é tema constante no meio público, mercado, impactante no meio ambiente e na vida dos cidadãos. Os consumidores sofrem bastante com taxas altas em determinados períodos do ano, períodos que são considerados quentes, onde há a grande utilização da energia e a alta utilização de sistemas de refrigeração que pela sua característica e modo de utilização tornam-se o principal vilão do consumo energético. De fato, nos ambientes domésticos a utilização de condicionadores de ar está cada vez mais comum e segundo previsões da (EPE 2018), o Brasil terá o crescimento da demanda por eletricidade de 5,4% ao ano e atingirá 48 TWh em 2035. Outro levantamento realizado pelo (EPE 2018), mostra que os equipamentos de ar-condicionado possuem uma participação no consumo elétrico doméstico de 14%, sendo de fato um dos principais fatores de consumo e consequentemente custos com eletricidade.

Um aparelho de ar-condicionado nada mais é que um sistema elétrico que provoca a mudança e controle da temperatura do ambiente fechado. Este sistema trabalha sobre o controle da temperatura, umidade, qualidade do ar e atua em alguns casos na pressão interna. A princípio, temos como uma das características do ar condicionado a atuação na umidade e qualidade do ar, no mercado há diversas tecnologias que garantem maior conforto em espaços domésticos. Neste sentido, temos o condicionador de ar do ciclo reverso (da tecnologia inverter) que possui a capacidade de adequar a umidade relativa do ar, que segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS) o nível ideal de umidade do ar para humanos é entre 40% e 70% (em ambientes abertos).

A temperatura é controlada pelos sistemas de refrigeração baseado no princípio físico de troca de calor, onde é almejado o conforto térmico ao aquecer ou resfriar o ar. Uma característica importante é a medição destes aparelhos, neste é utilizado as siglas BTUs<sup>5</sup> ou TRs<sup>6</sup>, que são utilizados para determinar, através de cálculos, a potência de refrigeração necessária para um determinado ambiente, levando em conta área em metros quadrados, o número de pessoas que ocuparão o ambiente, quantidade de aparelhos que irradiam calor, paredes, vidro e etc. Como uso crescente da tecnologia na nossa rotina, a automação e controles inteligentes proporcionam de forma ágil e segura as informações do ambiente por meio de sensoriamento, possibilitando a atuação automática de funções programadas de acordo com o contexto do ambiente. Sistemas

---

<sup>5</sup> BTU significa Unidade térmica britânica e serve para medir a potência do ato de refrigerar aparelhos.

<sup>6</sup> TR unidade americana que significa Tonelada de Refrigeração e serve para medir a potência do ato de refrigerar aparelhos.

informatizados e soluções baseadas em IoT podem trazer ganhos significativos na gestão destes aparelhos, por exemplo, pode ser feito o monitoramento da temperatura ideal do ambiente levando em consideração a quantidade de pessoas na ocupação e as condições externas; o acionamento ou interrupção remota pelo usuário ou de forma inteligente e automática; ou geração de notificações para usuário ou administradores sobre as condições em tempo real dos aparelhos.

Logo, com a implantação de tais sistemas pode-se obter a redução no consumo e eficiência energética, além de levar aos ocupantes destes ambientes climatizados o bem-estar e satisfação, saúde e ganho na produtividade.

## **2.4 Trabalhos Relacionados**

A área da IoT é vasta com diversas aplicações. Na academia existem diversos trabalhos e pesquisas que abordam controle de equipamentos de ar-condicionado. Esta seção aborda, de forma breve, alguns trabalhos de tema semelhante.

O artigo apresentado por (FERNANDES et al., 2020), apresenta um módulo de alertas para um sistema IoT baseado no Smart Place. Que é um sistema que promove a redução do consumo de energia elétrica e faz o gerenciamento automático de equipamentos de ar-condicionado através de informações captadas por sensores de temperatura, umidade, movimento e câmera. O módulo identifica e notifica automaticamente os comportamentos anormais nas operações realizadas pelo Smart Place - e adaptável para outros sistemas -, através de regras configuráveis de horário, temperatura e umidade estabelecidas a fim de notificar os administradores responsáveis. Também o módulo persiste as informações possibilitando ao usuário o report de problemas nos ambientes monitorados.

Na dissertação de (MEDINA, 2017), trouxe o desenvolvimento de um módulo atuador, capaz de reconhecer os diversos sinais enviados pelo controle remoto de usuário dos mais variados tipos de aparelhos de ar-condicionado. Utilizando uma rede de sensores e atuadores wireless de tecnologia XBee, houve a possibilidade de centralizar o comando de um conjunto de aparelhos. Ele trabalha sobre redes mesh com protocolo DigiMesh - que promove a fácil expansão da rede e aumento do alcance para transmitir valores de temperatura e umidade coletados pelos sensores para serem tratados pelo algoritmo desenvolvido que fica a cargo de controlar a temperatura do aparelho. A solução busca aplicar o conceito de edifícios inteligentes com o dos principais objetivos: A redução do consumo de energia elétrica pelos sistemas de climatização em construções antigas ou que venham a ser implantados.

O terceiro trabalho aqui exibido, tem o objetivo voltado ao desenvolvimento de um sistema de monitoramento e alocação de informações de temperatura, umidade e tensão em tempo real, baseado no módulo Wi-fi esp8266 NodeMcu 12E, aplicativo Blynk e outros componentes. Aqui, o sistema é capaz de acionar ou desligar o ar-condicionado remotamente, monitorar, registrar valores e gerar e enviar e-mails cadastrados de gráficos para análises. O autor propõe o sistema para utilização em ambientes especiais que necessitam o monitoramento automático constante da temperatura e umidade, estes ambientes são os hospitalares que constantemente é ocupado por pacientes, insumos e medicamentos sensíveis a fatores de climatização. (CUNHA, 2018).

### **3 Microcontroladores, Redes de Comunicação, Sensoriamento e SResfri Gestão**

#### **3.1 Tipos de Microcontroladores e Seu Custo**

Desde o primeiro microcontrolador lançado em 1974 pela Texas, o TMS 1000 de 4 bits e posteriormente o 8048 da Intel, o campo da microcomputação vem evoluindo e dando o surgimento de diversos estudos e produtos inovadores e baratos que proporcionam automação e expansão de funcionalidades computacionais. De acordo com (MIYADAIRA, 2009), os microcontroladores são pequenos dispositivos dotados de inteligência, constituídos de CPU, memória e periféricos (interfaces E/S). Ainda segundo (MIYADAIRA, 2009), às dimensões reduzidas são resultantes da alta capacidade de integração, em que milhões de componentes são inseridos em um único circuito integrado.

Em outras palavras, estes dispositivos são computadores de funções específicas que dispõem de capacidade enxuta e flexibilidade na programação de aplicações. As principais vantagens são:

- Ótimo desempenho;
- Baixo consumo de energia;
- Customização facilitada;
- Suporte acessível na internet, através de fóruns e comunidades;
- Baixo custo.
- A definição se alinha ao conceito de sistemas embarcados, pelo fato de combinar hardware e software em um único dispositivo eletrônico.

Os microcontroladores são compostos por sistemas analíticos e reativos, ou seja, estão conectados com o meio externo através de sensores e desenvolvem uma ação ou atividades por meio de atuadores e outros dispositivos de comunicação.

No mercado, temos diversos tipos de hardwares programáveis que são poderosos e de baixo custo, são eles:

##### **3.1.1 Arduíno**

O Arduíno é um módulo versátil e apresenta inúmeras vantagens em comparação a outros, dentre estas se destacam: a facilidade de utilização, o compartilhamento de códigos e diagramas eletrônico gratuitamente, a imensa quantidade de componentes compatíveis. O módulo que é baseado em hardware e software possui uma linguagem própria de programação baseada em Wiring (que é uma linguagem de programação de código aberto voltada para microcontroladores), e também possui uma IDE (que roda online e off-line) que é constantemente atualizada e que fornece facilidades no momento da codificação (ARDUINO, 2021).

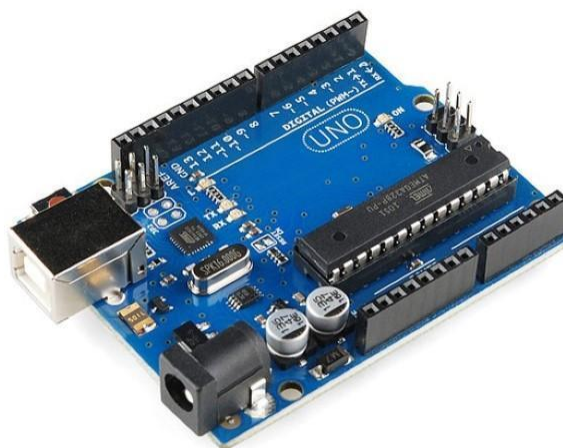
O Arduíno surgiu em um programa de pós-graduação, chamado de Instituto de Design de Interação Ivrea, localizado na cidade de Ivrea, no norte da Itália. O ano era 2005, quando um grupo composto por cinco pesquisadores idealizaram um dispositivo que fosse de baixo custo, de código aberto, funcional e programável tanto por pessoas comuns, estudantes e profissionais (THOMSEN, 2014).

O módulo representa o viés da inovação e aprendizado da programação de microcontroladores com imenso leque de possibilidades em tecnologias IoT. Temos à disposição uma grande quantidade de sensores e componentes que podem ser utilizados. Sensores de umidade, captação de som, presença, luz e etc; componentes de resistência, capacitâncias e emissores infravermelhos são alguns exemplos. Existem também os chamados Shields, que são placas de encaixe que agregam funcionalidades aos projetos.

### 3.1.1.1 Arduino Uno

Segundo (SOUSA, 2019), o Arduino Uno pode ser a versão mais versátil pelo fato de possibilitar a remoção do chip da placa e inserir o mesmo em outra placa de circuito personalizado. O Uno R3 (Figura 2) possui o microcontrolador ATmega328 com 14 portas GPIO (podendo ser usada como PWM) e outras 6 portas analógicas, além de uma memória flash de 32KB e tensão de operação de 5V. Seu valor é em média US\$11.90.

Figura 2 - Arduino Uno

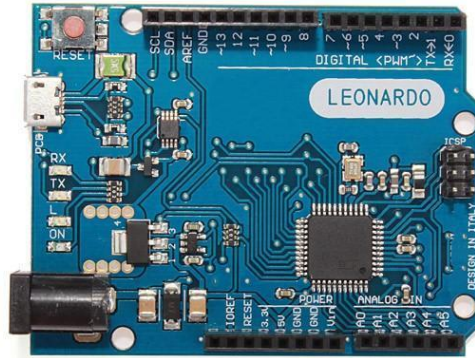


Fonte: Filipeflop, 2021.

### 3.1.1.2 Arduino Leonardo

A placa Leonardo R3 (Figura 3) é uma versão do Arduino com microcontrolador ATmega32u4 de 8 bits e que possui 20 pinos I/O, soquetes ICSP e além de possui 32 KB de memória flash. Ressalta-se que seu valor de tensão operacional é de 5V. Seu valor é em média US\$ 12.61.

**Figura 3 - Arduino Leonardo R3**

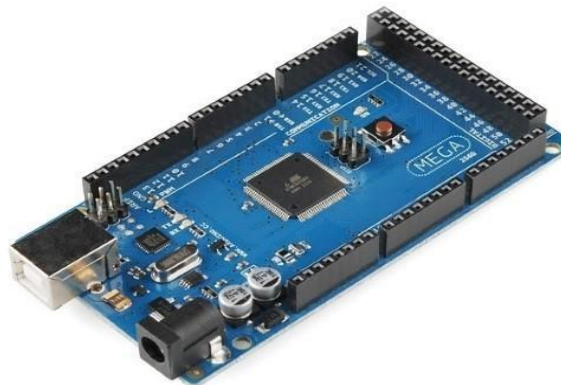


Fonte: Fonte: Filipeflop, 2021.

### 3.1.1.3 Arduino Mega

O Arduino Mega 2560 R3 (Figura 4) é uma placa que possui um grande número de portas GPIO, são cerca de 54 portas digitais (dentre essas, 15 podem ser usadas como PWM) e 16 analógicas. Contém uma memória flash de 256 KB, opera sobre uma tensão de 5V e inclui um microcontrolador ATmega2560. Seu valor é em média US\$ 22.88.

**Figura 4 - Arduino Mega 2560R3**



Fonte: Fonte: Filipeflop, 2021.

### 3.1.1.4 Arduino Due

A placa de Arduino Due (Figura 5) é baseada no microcontrolador core de 32 bits Atmel SAM3X8E ARM Cortes-M3 CPU. Temos nesta placa 54 portas GPIO digitais (destas, 12 podem ser usadas como PWM) e 12 analógicas, 4 UARTS (portas seriais). Dispõe de 512KB de memória flash, ressaltando que a tensão de operação máxima é de 3,3V. Seu valor é em média US\$ 34,80.

Figura 5 - Arduino Due



Fonte: Fonte: Filipeflop, 2021.

### 3.1.2 ESP8266

O ESP8266 é um microcontrolador de 32 bits produzido pela Espressif que surgiu em 2014 e possui várias versões. O módulo tem um sistema incluso para comunicação via Wi-fi que o torna atrativo na adoção principalmente por projetos IoT. Ele tem poder de processamento, uma vez que possui um processador integrado à placa.

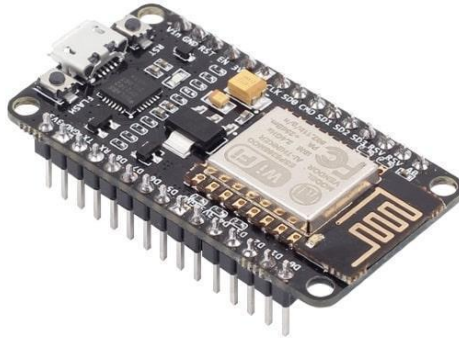
Uma das vantagens da utilização do ESP8266 é o seu baixo custo e o ambiente de desenvolvimento que pode ser baseado na linguagem Lua, pelas ferramentas oficiais de desenvolvimento do Arduino e/ou através do SO de tempo real (RTOS). Além disso, temos a compatibilidade de módulos do Arduino, ou seja, sensores e atuadores, ferramentas de comunicação são facilmente integradas a aplicações baseadas em ESP8266.

Os principais módulos ESP8266 serão mostrados a seguir:

#### 3.1.2.1 ESP8266 NodeMCU ESP-12

O seguinte módulo (Figura 6) é uma placa de desenvolvimento que conta com conversor TTL-Serial e regulador de tensão 3.3v, além do chip ESP8266. Também vem integrada uma antena, soldada na placa. O módulo possui 11 portas GPIO (12C, SPI, PWM) e é programável através da linguagem de programação Lua ou via IDE do Arduino. Seu valor é em média US\$ 9,70.

**Figura 6 - ESP8266 NodeMCU ESP-12**

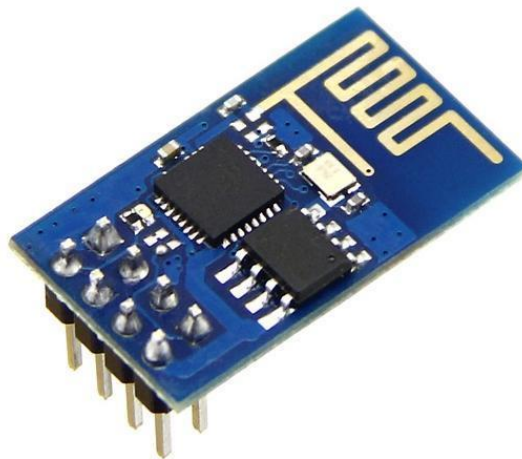


Fonte: Fonte: Filipeflop, 2021.

### **3.1.2.2 Wi-fi ESP8266 ESP-01**

O módulo (Figura 7) representa a linha popular do ESP8266, pelo fato de ser pequeno e possuir 2 pinos GPIO programáveis para ser controlado. A grande desvantagem é o layout da pinagem que os tornam complexa a interligação com protoboard, necessitando assim a utilização de recursos para adaptação. Seu valor é em média US\$ 4,58.

**Figura 7 - Módulo WiFi ESP8266 ESP-01**



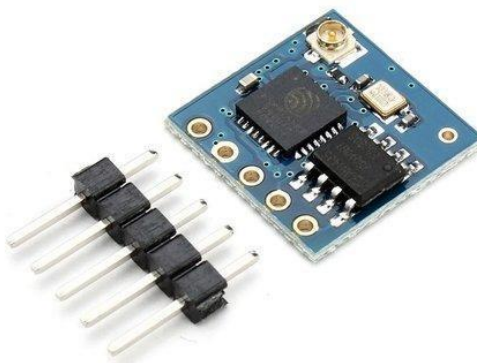
Fonte: Fonte: Filipeflop, 2021.



### 3.1.2.3 Wi-fi ESP8266 ESP-05

Temos aqui um módulo (Figura 8) de baixo custo e eficiente na comunicação Wi-fi. Este tem algumas diferenças em comparação com outros módulos da linha ESP8266. Essas diferenças são pelo fato da placa não possuir portas GPIO, removendo a possibilidade de controlar e receber dados de sensores e outros dispositivos. Por outro lado, temos uma antena integrada de operação no padrão 802.11 b/g/n, conta ainda com protocolos TCP/IP inclusos. Seu valor é em média US\$ 5,31.

Figura 8 - Módulo Wi-fi ESP8266 ESP-05



Fonte: Recicomp, 2021.

## 3.2 Redes de Comunicação: Conectando Sensores na Internet

A internet é uma rede de computadores que interconecta milhares de dispositivos computacionais ao redor do mundo (KUROSE, 2010). Ela é uma tecnologia complexa que é totalmente abstraída em arquiteturas, camadas e protocolos de comunicação que tornam a comunicação viável entre computadores e objetos em rede.

Um ponto importante da internet é a sua arquitetura de comunicação, que tem como principal modelo o cliente-servidor. No modelo cliente-servidor, temos a dinâmica de troca de dados entre terminais de rede, onde temos sempre um terminal que inicia (cliente) a comunicação em busca de um serviço, informação contida em outro terminal passivo (servidor). Devido à complexidade dos sistemas, os conceitos de redes de computadores são divididos em camadas que encapsulam conjunto de funcionalidades e disponibilizam serviços necessários à conectividade (DE OLIVEIRA, 2017).

A internet é complexa, para isso temos abstrações em camadas e protocolos que tornam a dinâmica da comunicação bem implementada por máquinas heterogêneas na rede, logo podemos ressaltar o modelo TCP/IP que é amplamente utilizado nas redes de computadores, que é um conjunto de camadas e protocolos que definem como as máquinas se comunicam de forma totalmente compatível. Partindo desta compilação temos uma definição dada por (KUROSE, 2010) sobre protocolos:

“Um protocolo define o formato e a ordem das mensagens trocadas entre duas ou mais entidades comunicantes, bem como as ações realizadas na transmissão e/ou no recebimento de uma mensagem ou outro evento”.

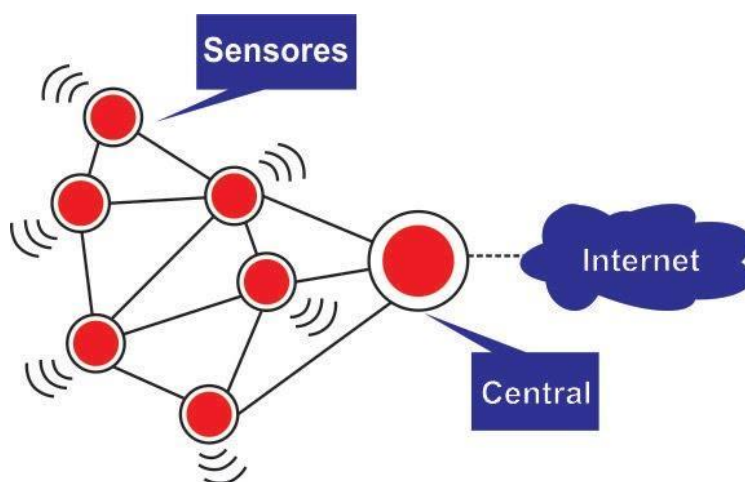
Estes protocolos são organizados e definidos em camadas onde temos serviços e características particulares e com desempenho de uma ação bem definida, novamente pode-se citar o TCP/IP que traz 4 camadas: Aplicação, Transporte, Internet e Enlace, todas fornecendo um agrupamento de protocolos para um serviço específico e responsabilidades no funcionamento de uma comunicação entre terminais.

As comunicações entre terminais se consumam por meio de enlaces, onde temos os meios de tráfego por cabos, fios ou sem fio (wireless). As comunicações wireless possibilitam maior flexibilidade na comunicação de dispositivos, pois traz características como: mobilidade, baixo custo e uma cobertura eficiente dependendo do projeto. Temos vários tipos de comunicação sem fio, tais como:

- RFID (Radio-Frequency IDentification) e NFC(Near-Field Communication), este tipo de comunicação apresentam baixa taxa de transmissão de dados e pequeno alcance, sendo que em alguns casos os objetos se encostam
- WPAN (Wireless Personal Area Network), a conexão de rede de área pessoal sem fio (protocolo IEEE 802.15.4) é amplamente utilizada nos sensores sem fio comercializados. Sua tecnologia se baseia no envio de dados através de radiofrequência, com baixa taxa de transmissão e grande alcance, na faixa de 100 m. O protocolo ZigBee talvez seja o exemplo mais conhecido de conexão WPAN.
- Wi-fi, com base nos padrões IEEE 802.11 (802 .11a, 802 .11b, 802 .11g, 802 .11n e 802 .11ac) se utilizam de ondas de rádio para se comunicar e trabalham nas frequências entre 2.4 e 5.8 GHz. Apresentam grande taxa de transmissão, porém consomem bastante energia e têm alcance limitado.
- Infravermelho (InfraRed ou IR), é uma comunicação que realiza a comunicação entre dispositivos através de ondas eletromagnéticas. Esta se baseia na radiação que atua em forma de luz não visível ao humano, com ondas de comprimento abaixo da luz vermelha do espectro eletromagnético, para emitir e receber sinais entre componentes eletrônicos.
- Bluetooth e Bluetooth Low Energy, são padronizadas pelo protocolo IEEE 802.15.1 e também se utilizam de ondas de rádio para a transmissão de dados. Este protocolo é utilizado para transmissão de dados entre pequenas distâncias. Seu diferencial com relação ao Wi-Fi é sua característica de aplicação em elementos portáteis, que se reflete na mínima configuração para se conectarem à dispositivos e baixa interferência do ambiente no sinal.
- 2G, 3G, 4G e 5G são conhecidas por serem utilizadas em celulares. Neste contexto, apresentam alta taxa de transmissão de dados e grande alcance, porém demandam grande consumo energético, ou seja, o dispositivo com esta tecnologia deve possuir uma fonte de eletricidade ou ser recarregado com frequência.

Tecnologias da IoT são consideradas objetos de borda de rede, pois se baseiam na internet para a comunicação e troca de dados, além de sua respectiva gestão. Estes objetos são centrais controladoras (microcomputadores e/ou microcontroladores) que são compostos por sensores e atuadores. Falando especificamente dos sensores, eles são utilizados com funções bem específicas, seu princípio é coletar dados de monitoramento e detecção de modificações de ambientes utilizando protocolos de comunicação sem fio. Como mencionado anteriormente sobre WPAN, os sensores podem trocar dados entre grandes distâncias (na faixa de 100m) possibilitando a criação de RSSFs (Rede de sensores sem fio).

Figura 9 – Layout da Rede de sensores sem fio



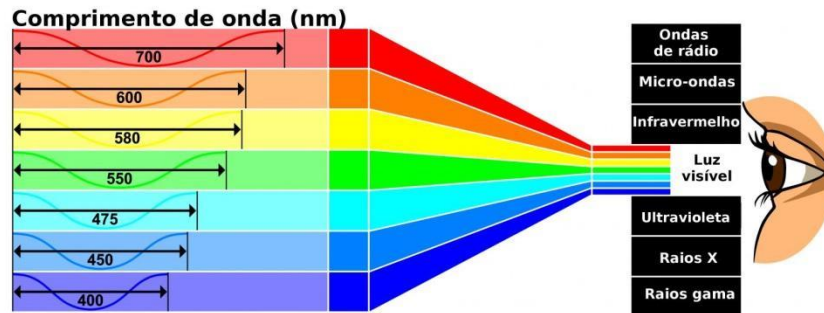
Fonte: Autoria própria

RSSFs (Figura 9) são formadas por diversos sensores distribuídos por um determinado ambiente físico que buscam detectar, coletar, trocar e enviar informações por rede (podem ser vistas como redes ad hoc) para uma central. Algumas características das redes de sensores sem fio são: restrições de energia, mecanismos de auto-configuração e adaptação a falhas de comunicação e perda de sensores (LOUREIRO; NOGUEIRA; RUIZ). As aplicações com sensoriamento são diversas, a capacidade de sensoriamento, processamento e comunicação traz o desenvolvimento de objetos de redes autônomas, móveis e gerenciáveis.

### 3.3 Controlando Dispositivos Através de Sensores de Infravermelho

O infravermelho são ondas eletromagnéticas que podem ser classificadas como ondas próximas da luz visível ao humano e/ou das micro-ondas (térmicas). Seu comprimento de onda varia entre 700nm a 1mm no espectro eletromagnético (Figura 10). (INVIVO, 2021).

Figura 10 - Espectro eletromagnético.



Fonte: Brasilescola, 2021.

Estas ondas eletromagnéticas são bastante utilizadas para controlar dispositivos eletrônicos remotamente em distâncias curtas, com componentes eletrônicos infravermelhos é possível enviar e receber dados de maneira simples.

Led emissor de infravermelho, também conhecido como fotodiodo, é muito comum em circuitos eletrônicos cujo objetivo é controlar algum sistema automatizado. O led emissor (Figura 11) tem a tarefa de transformar a corrente elétrica em curtos pulsos de luzes de acordo com o código e seu respectivo tamanho (alguns padrões enviam dados em 16bits e 32bits). Algumas aplicações do led emissor IR são controle de alarmes, televisores, portões eletrônicos, robótica e automação residencial. O fotodiodo IR tem um diâmetro de 5mm e possui 2 terminais onde temos a polarização (catodo e anodo).

Figura 11 - LED Emissor IR Infravermelho TIL32 940nm 5mm



Fonte: Saravati, 2021.

O receptor infravermelho (Figura 12), também chamado de fototransistor, recebe sinais infravermelhos enviados por sistemas eletrônicos equipados com leds emissor IR, este componente absorve feixes de luz permitindo a passagem de corrente elétrica. Estes sistemas são compostos por microcontroladores que contém armazenado uma série de comandos pré-configurados. Este componente é utilizado em diversas situações, como as mencionadas acima.

**Figura 12 - Fototransistor MYS 1838**



Fonte: Autoria própria.

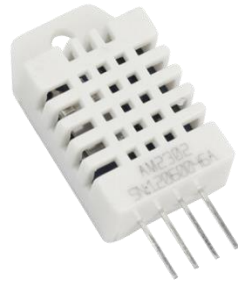
Uma aplicação bem conhecida na utilização do led emissor e receptor infravermelho é o controle remoto de aparelhos eletrônicos. Basicamente o controle emite, através do led, sinais codificados para o receptor equipado com um fototransistor, ao receber estes sinais logo é processado pelo microcontrolador onde aciona a função desejada.

Pré-configurações das funções é um dos princípios da manipulação de aparelhos que utilizam infravermelhos, aparelhos como televisores, alarmes e condicionadores de ar implementam as formas com os quais serão tratados os códigos captados para acionar as funções de controle. Falando do aparelho tratado pelo trabalho, o ar-condicionado, assim como os demais, tem suas funções acessíveis através do controle remoto, como: ligar/desligar, temperatura, ventilação, velocidade e etc. Ao pressionar um botão - considerando o aparelho ligado - o comando é enviado para o aparelho de forma instantânea e a função desejada é acionada. Internamente o código é captado pelo fototransistor e decodificado no microcontrolador que então é chamado à função relativa.

### **3.4 Monitoramento de Ambiente de Climatização com Sensor de Umidade e Temperatura**

O ar-condicionado provoca no ambiente a redução da umidade do ar, e estes aparelhos não são eficazes quando o ambiente já se encontra em uma unidade relativa de ar baixa. Em ambientes fechados ou domésticos temos uma umidade ideal na faixa de  $\pm 45\%$  (Este valor abaixo de 30 % é considerado prejudicial à saúde e acima de 50% pode gerar danos às edificações e móveis). Já a temperatura tem um papel importante no conforto do indivíduo em um determinado ambiente, no doméstico pode variar de acordo com as condições internas e externas do local. Produtos IoT utilizam-se de sensores para monitorar tais ambientes e promover uma maior qualidade na gestão de sistemas de refrigeração.

Figura 13 - Sensor de temperatura e umidade.



Fonte: Filipeflop, 2021.

O DHT22 (Figura 13) é muito utilizado em projetos que integram microcontroladores como Arduino, Raspberry e outros.

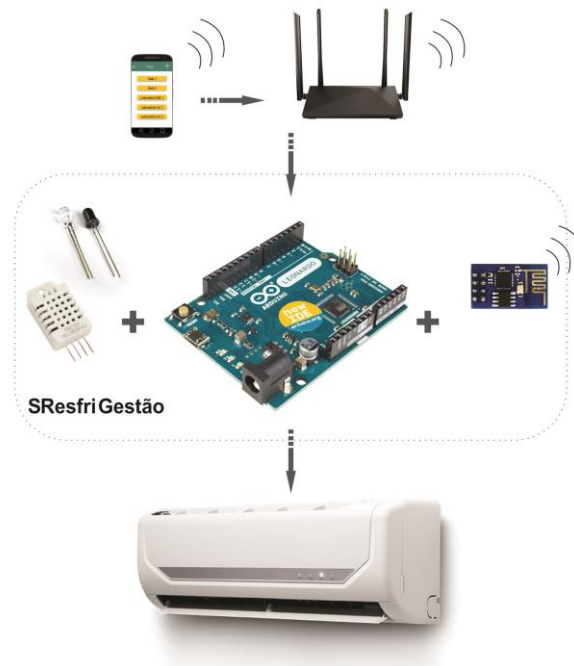
O sistema faz o monitoramento do ambiente graças a esse componente, que a partir dos dados coletados são tomadas as decisões, pelo microcontrolador, de maneira automática e refletidas no aplicativo e no aparelho condicionador de ar do local.

### 3.5 SResfri Gestão: Uma Solução de Baixo Custo para o Gerenciamento de Condicionadores de Ar através de IoT

O SResfri Gestão é um sistema de hardware e software que tem como objetivo controlar equipamentos de ar-condicionado e prover redução no consumo de energia elétrica e consequentemente o custo relacionado.

A visão geral do funcionamento do protótipo SResfri Gestão é representada na Figura 14.

Figura 14 – Visão geral do funcionamento do SResfri Gestão



Fonte: Autoria própria.

A central de processamento conta com uma placa de Arduino que é equipada com sensor de umidade e temperatura e componentes de infravermelho que possibilitam o controle do aparelho condicionador de ar de maneira automática pelo Arduino. Ainda tem anexado o módulo Wi-fi ESP8266 Esp-01 que permite a conexão com a internet e o aplicativo de dispositivo móvel. E vale ressaltar, que a comunicação é realizada por meio sem fio (Wireless), utilizando as tecnologias de infravermelho e Wi-Fi, ambas atuantes na camada de enlace do TCP/IP.

A central é programada para implementar os controles e gerenciamento dos sensores integrados. A partir do tratamento dos dados fornecidos pelos sensores, como o DTH22, a central microcontroladora poderá analisar e se necessário ajustar automaticamente a umidade relativa para uma faixa de 45% a 50% UR (valor não gerenciável pelo usuário). Este ajuste é realizado com a aplicação de uma determinada temperatura de acordo com a umidade e temperatura atual, por exemplo, em um ambiente com 7°C de temperatura e 98% UR ao elevar a temperatura para a faixa de 22°C, consegue-se 55% UR, neste sentido pode-se realizar o ajuste aplicando ou não faixas de temperaturas para o controle deste fator.

Também, a temperatura será constantemente verificada (monitoramento em tempo real) com o objetivo de limitar a um valor previamente definido através do aplicativo pelo usuário do sistema. Este valor é referente à temperatura adequada em situações quentes e também frias de acordo com o usuário (futuramente estas definições serão automáticas e personalizadas de acordo com a análise inteligente da utilização dos sistemas de refrigeração por uma sala). O sistema IoT manipula as funções existentes no equipamento, que serão acionadas pelo infravermelho do circuito. Estando o ambiente na temperatura definida, o aparelho será desligado até a ocorrência de alguma alteração, que ao ser identificada, o SResfri Gestão irá acionar o equipamento para nova adequação.

Além do desligamento automático em ciclos, os equipamentos poderão ser desligados/ligados a qualquer momento pelo usuário, e definir novas configurações de temperatura no aplicativo, sendo refletidas instantaneamente.

O sistema IoT tem o baixo custo como seu fundamento básico, tornando uma tecnologia acessível. O SResfri Gestão fornece funções para gerenciar remotamente e automático os aparelhos em um ambiente (para o sistema cada ambiente é chamado de sala) e também controlar a umidade e temperatura ideal de uma determinada sala através dos sensores.

#### **4 Metodologia**

O trabalho aqui proposto é baseado em uma pesquisa aplicada, neste sentido também é integrada a realização de pesquisas exploratória e experimental. Também é utilizado no trabalho o método de estudo de caso, para aprofundamento nas situações não definidas e descrever a situação em que se aplica a análise. Será realizado um levantamento descritivo e explicativo relacionado aos assuntos que referenciam a proposta do trabalho, além de seguir os procedimentos técnicos de pesquisa bibliográfica.

Para solucionar o problema de pesquisa que consiste em reduzir o consumo de energia elétrica através do controle de condicionadores de ar, sendo esta solução de custo baixo, foi idealizado o desenvolvimento de um sistema IoT chamado de SResfri

Gestão que é composto de sensores, como os de infravermelho, que possibilita controlar remotamente aparelhos de ar-condicionado.

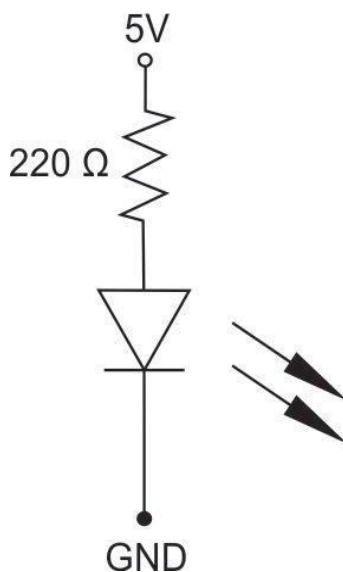
#### 4.1 Desenvolvimento do Hardware

A estrutura do sistema IoT nesta fase de desenvolvimento inicial, é formado por uma placa Arduino Leonardo R3, resistores de  $10K\Omega$  e  $220\Omega$ , sensores de infravermelho (led emissor e receptor IR) e um sensor de umidade/temperatura. Para a interligação dos componentes foi utilizado uma protoboard, que é alimentada por 5VDC.

Logo, com o intuito de facilitar a interligação eletrônica dos componentes na protoboard, buscou-se realizar o estudo das especificações de cada item para elaborar o desenvolvimento dos esquemas eletrônicos. Então, foi elaborado o desenho gráfico do esquema de cada componente utilizado o software CorelDraw 2018.

O led emissor IR TIL32 é um componente capaz de emitir ondas de  $940nm$ , e para isso ser possível o fotodiodo trabalha sobre uma voltagem de 5VDC, onde é necessário a utilização de um resistor de  $220\Omega$  interligado no terminal positivo (anodo). O terminal catodo é interligado no GND assim fechando o circuito, como representado na Figura 15.

Figura 15 - Esquema para o led emissor IR

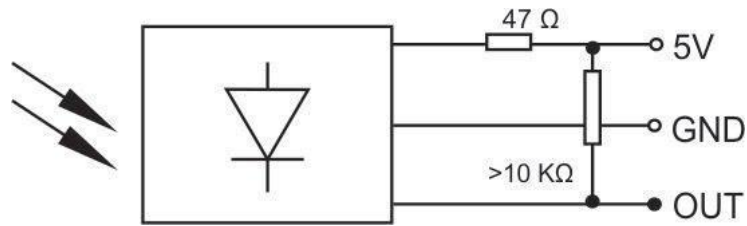


Fonte: Autoria própria.

O fototransistor MYS 1838 é um componente infravermelho que tem um maior alcance comparado ao TIL78. Ele possui 3 terminais (VCC, GND, OUT) e trabalha sobre uma tensão de 5 VDC. O esquema para o fototransistor IR é representado na Figura 16, onde temos basicamente um primeiro resistor de  $47\Omega$  no terminal de alimentação positiva. O mesmo terminal conta com outro resistor  $10K\Omega$  que está ligado ao terminal de saída (OUT)



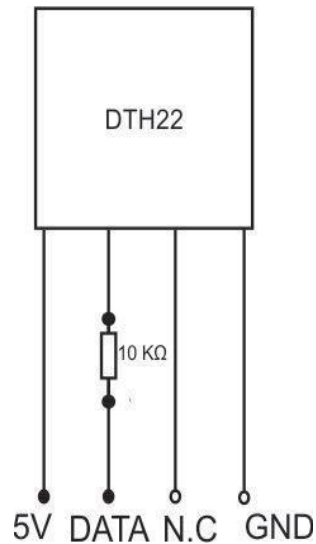
Figura 16 – Esquema para o fototransistor IR



Fonte: Autoria própria.

O sensor digital AM2302 DHT22 faz leituras com precisão de temperaturas entre -40 a 80 °C e umidade entre 0 a 100% UR, tendo um tempo de resposta de 2s e uma precisão de  $\pm 0,5$  °C e  $\pm 2\%$  UR respectivamente. O sensor opera em uma tensão DC de 3,0 a 5,0 VDC (limite máximo de 5,5 VDC) e corrente elétrica máxima de 2,5 mA. Para utilizar o sensor DTH22, o sensor requer necessariamente um resistor de 10 K $\Omega$  no terminal de dados, como representado na Figura 17.

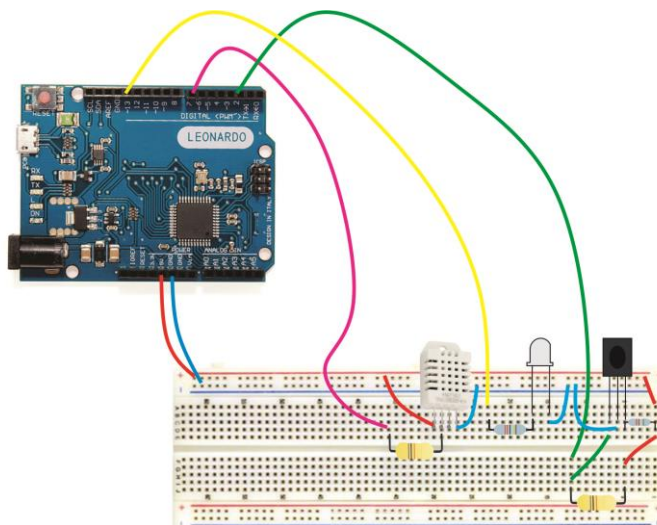
Figura 17 - Esquema para o sensor DTH22.



Fonte: Autoria própria.

A partir dessas estruturas foi realizada a montagem dos sensores do protótipo (Figura 18), utilizando novamente o software CorelDraw 2018.

Figura 18 - Circuito do SResfri Gestão.



Fonte: Autoria própria.

Neste circuito não foi implementado o módulo Wi-fi ESP8266 Esp-01 pelo fato de delimitação do escopo motivado pelo tempo resumido. Deixando então a agregação para um momento posterior.

## 4.2 Desenvolvimento do Software Embarcado

Para que seja dada a lógica ao sistema montado, foi elaborada a codificação do microcontrolador. A programação do Arduino foi realizada com a utilização da IDE oficial da plataforma (Figura 19), chamada de Arduino IDE. O padrão para a codificação na IDE é a linguagem baseada em C/C++.

Figura 19 - Tela de desenvolvimento do Arduino IDE.



Fonte: Autoria própria.

Com auxílio da programação é fornecido funcionalidade ao protótipo eletrônico montado. A partir da codificação do microcontrolador (Figura 20), cada sensor passa a enviar dados que serão processados, e como no caso do fotodiodo, emitir dados.

O Arduino manipula cada sensor através dos seus pinos digitais, provendo a comunicação I/O entre o microcontrolador ATmega32u. Foram utilizadas no desenvolvimento dos códigos, as bibliotecas: IRremote e a DTH-sensor-library.

Figura 20 - Exemplo de código do Arduino.



```
Sender | Arduino 1.8.13
Arquivo Editor Sketch Ferramentas Ajuda
Sender $
#include <Arduino.h>
#include "DTH-sensor-library.h"
#include "IRremote.h"

//Define SEND_PIN, STANB
//Define SEND_PIN, STANB

void setup() {
  pinMode(LED_BUILTIN, OUTPUT);
  Serial.begin(115200);
  // Just to know which program is running on my Arduino
  Serial.println(F("START " __FILE__ " from " __DATE__ "\nUsing library version " VERSION_IRREMOTE));
  //
  // The IR library setup. That's all!
  //
  IrReceiver.begin(IR_RECV_PIN, ENABLE_LED_FEEDBACK); // Specify send pin and enable feedback LED at de
  Serial.println(F("Ready to send IR signals at pin "));
  Serial.println(IR_RECV_PIN);
}

//
// Set up the data to be sent.
// For most protocols, the data is build up with a constant 8 (or 16 byte) address
// and a variable 8 bit command.
// There are exceptions like Sony and Denon, which have 5 bit address.
//
uint8_t address = 0x2F0;
uint8_t command = 0x0F;
uint8_t repeats = 0;
```

Fonte: Autoria própria.

### 4.3 Desenvolvimento do Aplicativo

O aplicativo foi desenvolvido utilizando o Android Studio, que fornece um ambiente facilitador para construção de layout e software. Aqui serão utilizadas as tecnologias Java/Kotlin para a codificação do aplicativo.

Inicialmente foi elaborada a prototipagem das janelas do aplicativo, utilizando o CorelDraw 2018. A tela de gestão permite visualizar os ambientes cadastrados, como representado na Figura 21.

Figura 21 – Prototipagem da janela do aplicativo SResfri Gestão.



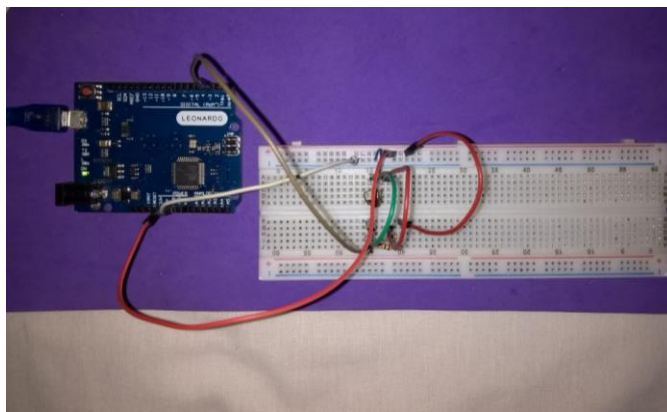
Fonte: Autoria própria.

## 5 Resultados

Na perspectiva da problemática do trabalho, não foi possível definir qualitativa e quantitativamente a economia proporcionada pela solução, pelo fato de não desenvolver os devidos testes, visto que houve no decorrer do desenvolvimento do projeto, limitações na implementação de alguns componentes, tais como: sensor de umidade e temperatura e módulo Wi-fi Esp8266 esp-01. Futuramente, quando o sistema for desenvolvido, será realizado um levantamento analítico sobre o impacto econômico energético proporcionado pelo SResfri Gestão.

Sobre o desenvolvimento do circuito, os sensores de infravermelho foram montados em duas etapas: a primeira etapa houve a montagem do circuito do fototransistor MYS 1838 (Figura 22) o qual foi utilizado para clonar as teclas do controle remoto e possibilitar a manipulação das funções pelo Arduino.

**Figura 22 – Circuito do fototransistor MYS 1838.**



Fonte: A autoria própria.

Então, para realizar os testes, o protótipo foi alocado em um ambiente que possuía ar-condicionado. O equipamento refrigerador do ambiente de testes era da marca Consul e modelo CBV12CBBNA de 12000 BTU (Figura 23), com faixa de temperaturas entre 18 C° até 32 C°.

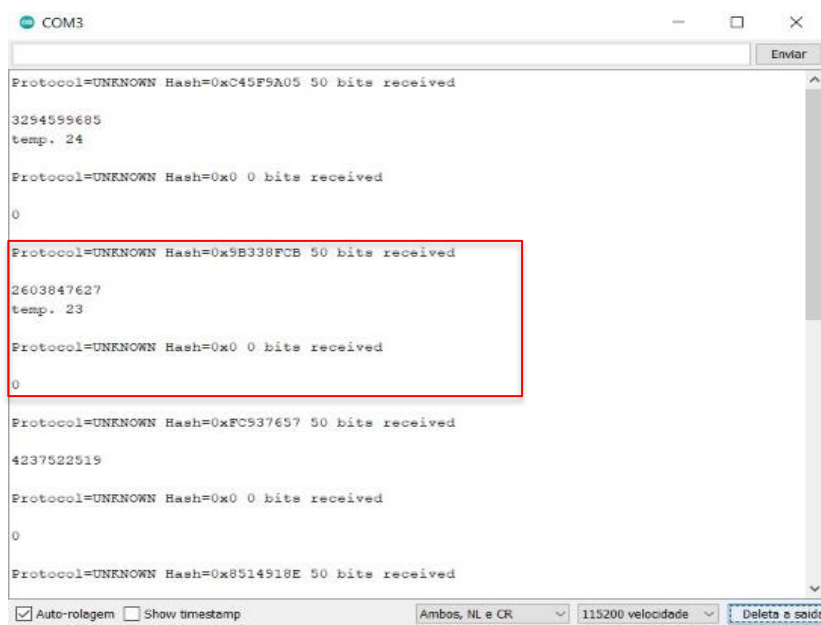
**Figura 23 – Ar-condicionado utilizado.**



Fonte: A autoria própria.

O primeiro resultado do teste foi a captura dos sinais de infravermelho codificado das teclas do controle remoto do ar-condicionado. A seguir a Figura 24 ilustra as saídas correspondentes aos sinais captados no monitor serial da IDE do Arduino.

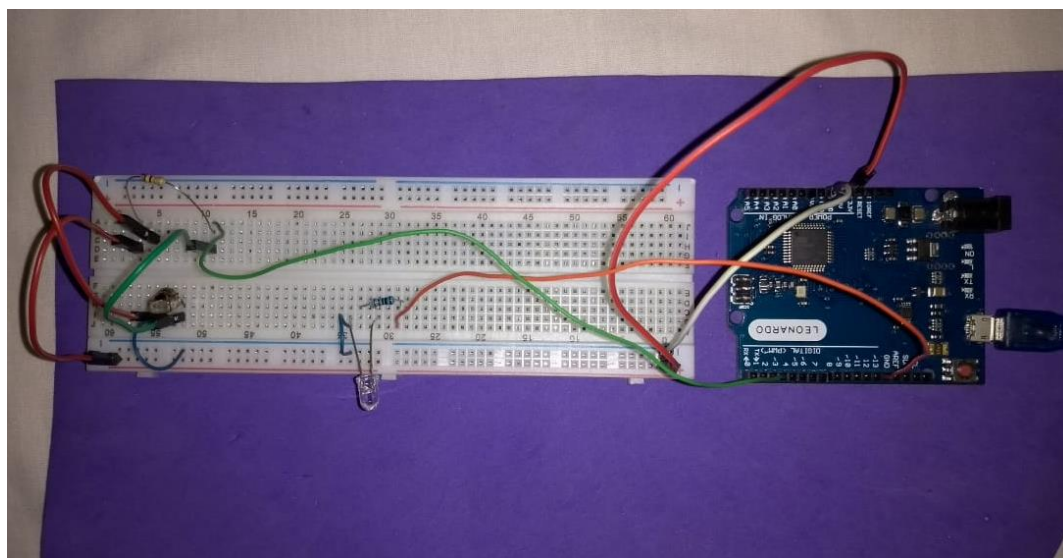
Figura 24 – Saída de códigos no monitor serial.



Fonte: Autoria própria.

Na segunda etapa do desenvolvimento do protótipo, foi adicionado o circuito do fotodiodo na protoboard, como mostrado na Figura 25. O segundo resultado foi atingido ao desenvolver a programação no microcontrolador para manipular os sinais captados do controle remoto pelo fototransistor e assim enviar através do led emissor.

Figura 25 – Circuito do diodo TIL32.

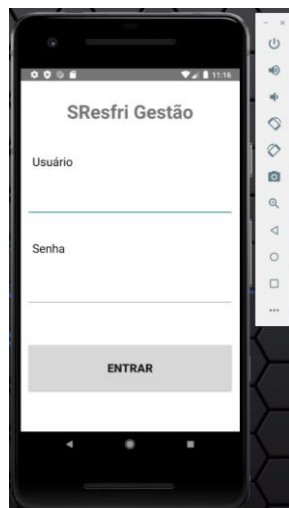


Fonte: Autoria própria.

Com relação aos softwares, a princípio foi realizada a prototipagem das telas e iniciado o desenvolvimento do front-end do aplicativo desenvolvido em Java e XML.

No momento, há cinco telas ainda não plenamente funcionais. As telas de login, listagem de ar-condicionadas e informações de equipamento foram implementadas.

**Figura 26 – Tela de login do aplicativo.**



Fonte: Autoria própria.

A janela de login (Figura 26) do aplicativo tem a função de verificação de usuário e senha funcionando.

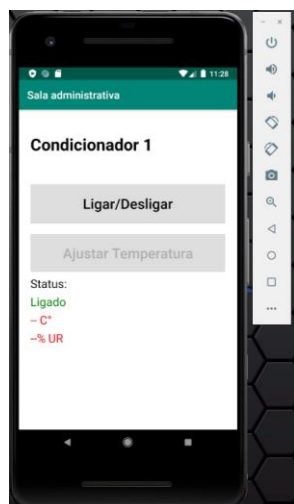
**Figura 27 – Tela de gestão de equipamentos do aplicativo.**



Fonte: Autoria própria.

Já na janela acima (Figura 27), o aplicativo lista os equipamentos e exibe o status, além disso, há a possibilidade de acesso a uma tela com as informações referentes a um equipamento (Figura 28), como informações de status, temperatura e umidade.

**Figura 28 – Tela de informações do equipamento.**

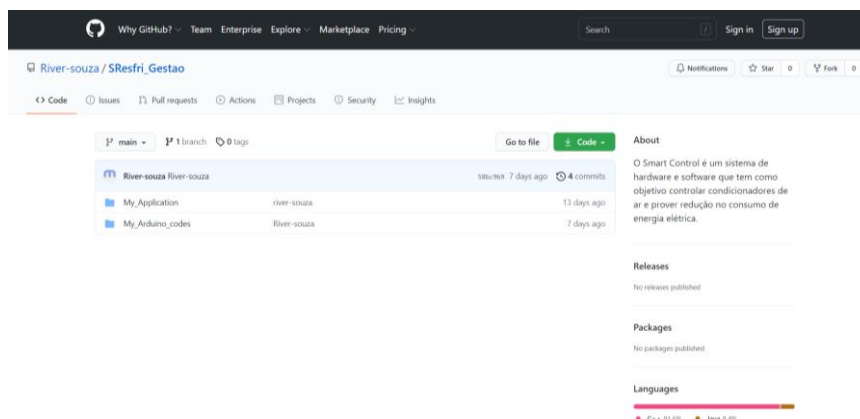


Fonte: Autoria própria.

Para haver a comunicação e troca de dados entre o aplicativo com os sensores do circuito eletrônico é necessário a integração do software com hardware através da internet. O módulo Wi-fi ESP8266 ESP-01 é responsável por esta interligação, entretanto, não foi possível implementá-lo. Também o sensor de umidade relativa do ar não foi agregado ao circuito pelo fato da indisponibilidade do componente. Ocasionado pelo fator tempo, o back-end da aplicação também não desenvolvido.

Os códigos desenvolvidos do Arduino e front-end do aplicativo Android foram disponibilizados no Github. Abaixo a Figura 29 ilustra a tela do repositório.

**Figura 29 – Tela da plataforma Github.**



Fonte: Autoria própria.

Para acessar a página do projeto basta utilizar o link: [https://github.com/River-souza/SResfri\\_Gestao](https://github.com/River-souza/SResfri_Gestao).

## 6 Considerações Finais

O projeto tem o intuito de tornar os condicionadores de ar mais eficientes e econômicos, para isso o sistema utiliza sensores e softwares que são capazes de coletar informações de uma sala e tomar uma decisão de maneira automática a partir de uma

avaliação em tempo real. Entretanto, o usuário poderá gerenciar de maneira ativa o sistema, ou seja, de forma manual quando necessitar. O sistema SResfri Gestão será implementado como piloto no Instituto federal campus salgueiro, e será utilizado por professores e assistentes de alunos.

A princípio, foi desenvolvido um protótipo básico do circuito IoT e o front-end do aplicativo. Num outro momento será complementado com outros recursos, como o módulo Wi-fi ESP8266 Esp-01, sensor de umidade relativa para o hardware, detecção de aberturas no ambiente fechado (frestas, portas e janelas) e também a análise de temperatura interna e externa para adequação da temperatura; a conclusão do desenvolvimento front-end e back-end do aplicativo. E com isso será avaliado a eficiência e a economia gerada com a utilização do sistema.

## 7 Referências

CUNHA, J. R. L. da. Monitoramento de ambientes especiais aliado ao conceito de Internet das Coisas (IoT). p. 46, 2018.

OPENIMPULSE. TL1838 Infrared Receiver Datasheet. 2016. Disponível em: <<https://datasheetspdf.com/datasheet/TL1838>>.

AOSONG. Temperature and Humidity Module, DHT22. Temperature and humidity module AM2302 Product Manual, p. 1–3, 2010. Disponível em: <[https://img.filipeflop.com/files/download/Datasheet\\_DHT22\\_AM2302.pdf](https://img.filipeflop.com/files/download/Datasheet_DHT22_AM2302.pdf)>.

LOUREIRO, A. A. F.; NOGUEIRA, M. S.; RUIZ, L. B. itulo Redes de Sensores Sem Fio. [s.d.]

EDUARDO, C.; ALVES, A. serviços de tecnologia da informação (TI), bens eletrônicos e componentes (. p. 1–23, 2018.

FERNANDES, A. et al. Monitorando Dados e Gerenciando Alertas em um Sistema para Controle de Aparelhos de Ar Condicionado. p. 139–150, 2020.

KEVIN ASTHON. That ' Internet of Things ' Thing. RFID Journal, p. 4986, 2010. Disponível em: <<http://www.rfidjournal.com/article/print/4986>>.

KUROSE, J. F. Redes de Computadores e a Intt, 2010.

MEDINA, B. E. Internet das coisas em edificios inteligentes: desenvolvimento de uma rede de sensores e atuadores sem fio para o controle de sistemas de climatização. p. 129, 2017. Disponível em: <<http://repositorio.unicamp.br/handle/REPOSIP/330652>>.

LATOUR, Bruno de. Qu'est ce que la Domotique?. 2009. <<https://domotique-news.com/quest-ce-que-la-domotique/>>. Acesso em: dez. 2020.

BOLZANI, Caio. Domótica, a nova ciência do século XXI. 2013. <[www.prodemge.gov.br](http://www.prodemge.gov.br)>. Acesso em: dez. 2020.

JUNIOR, Sergio Luiz Stevan; FARINELLI, Felipe Adalberto. DOMÓTICA- Automação Residencial e Casas Inteligentes com Arduino e ESP8266. Saraiva Educação SA, 2018.

BARBOSA, Vanessa. Os 5 países líderes em eficiencia energética. 2016. <<https://exame.com/economia/os-5-paises-lideres-em-eficiencia-energetica/>>. Acesso em: jan.2021.



SANTOS, Sandro. Introdução à IoT: desvendando a internet das coisas. SS Trader Editor, 2018.

MIYADAIRA, Alberto Noboru. Microcontroladores PIC18: Aprenda e programe em linguagem C. Saraiva Educação SA, 2009.

DE OLIVEIRA, Sérgio. Internet das coisas com ESP8266, Arduino e Raspberry PI. Novatec Editora, 2017.

ODS. Duas agências da ONU se unem para promover comunidades e cidades digitais. Disponível em: <<https://news.un.org>>. Acesso em: Jan. 2021.

GARCIA, Fernando Deluno. Introdução aos sistemas embarcados e microcontroladores. Disponível em: <<https://www.embarcados.com.br>>. Acesso em: Jan. 2021.

WIKIPEDIA. Microcontroller. Disponível em: <<https://en.wikipedia.org>>. Acesso em: Jan. 2021.

MANYIKA, James et. al. Unlocking the potential of the Internet of Things. Disponível em: <<https://www.mckinsey.com/>>. Acesso em: Jan. 2021.

SEGINFO. 41,6 bilhões de dispositivos de IoT gerarão 79,4 zettabytes de dados em 2025. Disponível em: <<https://seginfo.com.br/>>. Acesso em: Jan. 2021.

BNDES. BNDES Pilotos IoT - Internet das Coisas. Disponível em: <<https://www.bndes.gov.br/>>. Acesso em: Jan. 2021.

ABESCO. O que é Eficiência Energética? (EE). Disponível em: <<http://www.abesco.com.br>>. Acesso em: Jan. 2021.

PROCELINFO. O Programa. Disponível em: <<http://www.procel.gov.br/>>. Acesso em: Jan. 2021.

EPE. Nota Técnica EPE 030/2018. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/>>. Acesso em: Jan. 2021.

BRAZILLAB. Ranking Connected Smart Cities 2020 aponta São Paulo como a cidade mais inteligente do País. Disponível em: <<https://brazillab.org.br/>> . Acesso em: Jan. 2021.

AUTOR. Título. Informações complementares (coordenação, desenvolvida por, apresenta..., quando houver etc.). Disponível em: . Acesso em: data.

THOMSEN, Adilson. O que é Arduino?. Disponível em: <<https://www.filipeflop.com/>>. Acesso em: Jan. 2021.

ARDUINO. What is Arduino?. Disponível em: <<https://www.arduino.cc/>>. Acesso em: Jan. 2021.

SOUZA, Fábio. Arduino Leonardo. Disponível em: <<https://www.embarcados.com.br/>>. Acesso em: Jan. 2021.

SOUZA, Fábio. Arduino UNO. Disponível em: <<https://www.embarcados.com.br/>>. Acesso em: Jan. 2021.

OLIVEIRA, Cláudio Luís Vieira. Raspberry PI descomplicado. Saraiva Educação SA, 2018.

CPQD. Comunicações Sem Fio: Suportando as demandas da conectividade móvel. Disponível em: <<https://www.cpqd.com.br/>>. Acesso em: 06 de março 2021.

LOUREIRO, Antonio AF et al. Redes de sensores sem fio. In: Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores (SBRC). sn, 2003. p. 179-226.

FILIFELOP. Site oficial do Filipeflop. Disponível em: <<https://www.filipeflop.com.br/>>. Acesso em: Jan. 2021.

RASPBERRYPI. Site oficial do Raspberry Pi. Disponível em: <<https://www.raspberrypi.org/>>. Acesso em: Jan. 2021.

THEPIHUT. Site oficial do Thepihut. Disponível em: <<https://thepihut.com/>>. Acesso em: Jan. 2021.

SARAVATI. Site oficial do Saravati. Disponível em: <<https://www.saravati.com.br/>>. Acesso em: Jan. 2021.

INVIVO. Infravermelho. Disponível em <<http://www.invivo.fiocruz.br/>>. Acesso em: Mar. 2021.

BAUDAELETRONICA. Site oficial do Bau da Eletronica. Disponível em: <<https://www.baudaeletronica.com.br/>>. Acesso em: Jan. 2021.

ELEKTOR. Site oficial do Elektor. Disponível em: <<https://www.elektor.com/>>. Acesso em: Jan. 2021.

CAVALCANTE, Alex da Silva. Projeto Ubique: sistema de monitoramento e controle de ar-condicionado. 2018.

DE OLIVEIRA, Calvin Martins. Sistema para Mapeamento de Códigos Infravermelho e Criação de Controles Remotos Virtuais. 2015.

BRASILESCOLA. O que é infravermelho. Disponível em <<https://brasilescola.uol.com.br/o-que-e/fisica/o-que-e-infravermelho.htm>>. Acesso em Mar. 2021.

MUNDOEDUCAÇÃO. Umidade do Ar. Disponível em: <<https://mundoeducacao.uol.com.br/geografia/umidade-ar.htm#:~:text=Segundo%20a%20Organiza%C3%A7%C3%A3o%20Mundial%20da,%2040%25%20e%2070%25.>> . Acesso em: Abr. 2021.

CGE. Umidade Relativa do Ar. Disponível em: <<https://www.cgesp.org/v3/umidade-relativa-do-ar.jsp>> . Acesso em: Abr. 2021.