



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO  
ESCOLA DE MINAS  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE  
CONTROLE E AUTOMAÇÃO E TÉCNICAS  
FUNDAMENTAIS - DECAT**



**TALLES HENRIQUE VIEIRA**

**AUTOMAÇÃO E SUSTENTABILIDADE: APLICAÇÃO DA  
ENERGIA SOLAR ALIADA À DOMÓTICA**

**TALLES HENRIQUE VIEIRA**

**AUTOMAÇÃO E SUSTENTABILIDADE: APLICAÇÃO DA  
ENERGIA SOLAR ALIADA À DOMÓTICA**

Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Engenharia de Controle e Automação na Universidade Federal de Ouro Preto como requisito para obtenção do título de Engenheiro de Controle e Automação.

**Orientador:** Dr. Paulo Marcos de Barros Monteiro

**Coorientador:** Dr. Luiz Fernando Rispoli Alves

**Ouro Preto - MG  
dezembro 2019**

## SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

V657a Vieira, Talles Henrique .  
Automação e sustentabilidade [manuscrito]: aplicação da energia solar aliada à  
domótica. / Talles Henrique Vieira. - 2019.  
59 f.: il.: color., tab..

Orientador: Prof. Dr. Paulo Marcos de Barros Monteiro .  
Coorientador: Prof. Dr. Luiz Fernando Rispoli Alves.  
Monografia (Bacharelado). Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de  
Minas.

1. Energia - Fontes alternativas. 2. Energia Solar. 3. Arduino (Controlador  
programável) . 4. Android (Recurso eletrônico) . 5. Automação residencial. I. Alves,  
Luiz Fernando Rispoli. II. Monteiro , Paulo Marcos de Barros. III. Universidade  
Federal de Ouro Preto. IV. Título.

CDU 681.5

Bibliotecário(a) Responsável: Maristela Sanches Lima Mesquita - CRB:1716

Monografia defendida e aprovada, em 19 de Dezembro de 2019, pela comissão avaliadora constituída pelos professores:



---

Prof. Dr. Paulo Marcos de Barros Monteiro – Orientador



---

Prof. Dr. Wolmar Araújo Neto – Professor Convidado



---

Prof. Dr. Luiz fernando Rispoli Alvess – Professor Convidado

*“Quando a educação não é libertadora,  
o sonho do oprimido é ser opressor”.*

Paulo Freire

## AGRADECIMENTO

Em primeiro lugar gostaria de agradecer à minha mãe Lena por todo amor, carinho, paciência e por todos os sacrifícios feitos para que meus sonhos se realizassem. Ao meu irmão Tiago por todos momentos, desde as primeiras brigas até as maiores alegrias. Ao meu pai da vida Zé Wilson, pelos conselhos e todo amor dado para minha família.

À minha amada esposa Samantha, que esteve ao meu lado nos momentos mais difíceis da minha vida me dando amor, carinho, sendo compreensiva e acima de tudo me fazendo enxergar o mundo de outra maneira. Sou muito grato a você por ter me ensinado que nunca a culpa será do oprimido e sim do opressor, e por ter me ajudado a diminuir bastante os meus preconceitos. Agradeço às três criaturinhas que mudaram a minha vida, Theodore, Ágata e Agnes (*in memoria*). Minha sogra Rose, por ter me dado a oportunidade de errar e mudar para melhor. Obrigado por toda compreensão e pelos conselhos.

Aos meus familiares, em especial à tia Lúcia, por ter feito o possível e impossível para que este dia chegasse; à tia Cidinha por ter me abrigado em um dos momentos mais complicados da minha vida e ter feito de mim um filho; ao meu tio Eduardo que em muitas oportunidades fez papel de pai me dando conselhos, arcando com os meus gastos e principalmente por me levantar nos momentos em que caí e as duas pessoinhas que me tranquilizaram em várias oportunidades: Luiz Miguel e Arthur Miguel.

Aos amigos: Daniel, Rodolfo, Criolina, Musaranho, Superquente, Gorete e família, em especial: Bala, Caruncho e Ched.

De maneira especial, aos que continuam me abençoando e estarão sempre em minhas lembranças: meus avós Tomé, Gaida e Joaninha; aos tios: Edna, Pineca e minha mãe de consideração Lia.

Por fim agradeço à gloriosa Escola de Minas e aos professores que fizeram parte dessa trajetória, principalmente o meu orientador Paulo Monteiro, o meu co-orientador Rispoli e aos professores Alan Kardec e Eduardo Luz.

## RESUMO

Este estudo tem a finalidade de analisar, de maneira teórica, a utilização da energia solar por meio de um sistema ligado diretamente à rede elétrica e o acionamento de lâmpadas através de um aplicativo, como forma de inserir a tecnologia de Controle e Automação, empregada primordialmente no setor industrial, para o cotidiano de residências, apresentando as vantagens de optar por essa forma de obtenção de energia elétrica. Além de ser viável economicamente, uma vez que a energia gerada e não consumida poderá retornar para a rede elétrica da distribuidora gerando créditos na conta de luz, se trata de uma fonte energética renovável e não poluidora. Também serão abordados dois tipos de comunicação de rede: Bluetooth e Wi-fi utilizando o Arduino e alguns módulos auxiliares para efetuar o controle do sistema, visando uma maior comodidade para o usuário, pois ele poderá acender e apagar lâmpadas a distância, além de não haver necessidade de cabos para que a comunicação entre o aplicativo Android e os demais dispositivos.

**Palavras-chave:** Energia Solar, Energia sustentável, Fontes renováveis, Arduino, Automação residencial, Android.

## **ABSTRACT**

The purpose of this report is to analyze, theoretically, energy use solar system through a system connected directly to the mains and the activation of lamps through an app, as a way of inserting the Control and Automation technology, used primarily in the industrial sector, for everyday living, presenting the advantages of opting for this form of obtaining electricity. In addition to being economically viable, since the energy generated and not consumed may return to the electricity grid of the distributor generating credits in the electricity bill, it is a renewable and non-polluting energy source. Two types of network communication will also be addressed: Bluetooth and Wi- Fi, using Arduino and some auxiliary modules to control the system, aiming at greater convenience for the user, as its can turn on and off lamps at a distance, In addition there is no need for cables to communicate between the Android app and other devices.

**Word-keys:** Solar Energy, Sustainable Energy, Sustainable Sources, Arduino, Home automation, Android.



## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Esquema dos sistemas fotovoltaicos conectados à rede e isolado. ....	16
<b>Figura 2.</b> Extrato da patente da primeira célula solar, registrada em 1954. ....	17
<b>Figura 3.</b> Valores médios de instalação dos sistemas Fotovoltaicos. ....	19
<b>Figura 4.</b> Residência automatizada. ....	20
<b>Figura 5.</b> Arquitetura centralizada dos equipamentos. ....	21
<b>Figura 6.</b> Componentes da placa do Arduino Mega. ....	22
<b>Figura 7.</b> Principais redes domiciliares. ....	23
<b>Figura 8.</b> Esquema de duas piconets. ....	26
<b>Figura 9.</b> Modelo de referência TCP/IP. ....	27
<b>Figura 10.</b> Sistema Fotovoltaico ligado à rede elétrica ( <i>On Grid</i> ). ....	29
<b>Figura 11.</b> Sistema fotovoltaico com alta tensão de entrada (>120 VCC). ....	30
<b>Figura 12.</b> Caixa de junção com equipamentos instalados. ....	33
<b>Figura 13.</b> Medidor de energia bidirecional. ....	33
<b>Figura 14.</b> Fatura da conta de energia em MG. ....	36
<b>Figura 15.</b> Interface do MIT App Inventor. ....	38
<b>Figura 16.</b> Opções da coluna de palette. ....	40
<b>Figura 17.</b> Exemplo da tela Viewer. ....	41
<b>Figura 18.</b> Coluna de componentes selecionados para Viewer. ....	42
<b>Figura 19.</b> Coluna das propriedades dos componentes selecionados. ....	43
<b>Figura 20.</b> Seção Blocks App Inventor. ....	44
<b>Figura 21.</b> Interface IDE Arduino. ....	46
<b>Figura 22.</b> Módulo Bluetooth HC06. ....	47
<b>Figura 23.</b> Exemplo de comunicação bluetooth pelo MIT App Inventor. ....	48
<b>Figura 24.</b> Exemplo de comunicação bluetooth pela IDE Arduino. ....	49
<b>Figura 25.</b> Shield Ethernet acoplado ao Arduino. ....	50
<b>Figura 26.</b> Configurações de rede. ....	50
<b>Figura 27.</b> Biblioteca para comunicação serial e internet. ....	51
<b>Figura 28.</b> Exemplo de comunicação Wi-Fi pelo MIT App Inventor. ....	52
<b>Figura 29.</b> Módulo relé – 2 canais. ....	53
<b>Figura 30.</b> Esquema de comunicação entre os dispositivos. ....	55

## **LISTA DE TABELAS**

<b>Tabela 1.</b> Potência-pico de alguns países e algumas capitais brasileiras. ....	15
<b>Tabela 2.</b> Principais padrões difundidos e características. ....	25
<b>Tabela 3.</b> Preço da instalação de Energia Solar Fotovoltaica Residencial. ....	35
<b>Tabela 4.</b> Sistema de Energia Fotovoltaica de 1,32 kWh em MG. ....	35

# SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>Introdução .....</b>	<b>12</b>
1.1	Objetivo Geral .....	13
1.2	Objetivos Específicos .....	13
1.3	Justificativa.....	14
<b>2</b>	<b>Revisão Bibliográfica.....</b>	<b>14</b>
2.1	Energia Solar .....	14
2.1.1	Células fotovoltaicas .....	16
2.1.2	Sustentabilidade .....	18
2.2	Automação Residencial .....	19
2.2.1	Sistemas embarcados .....	21
2.2.2	Redes domiciliares .....	23
2.2.3	Android .....	27
<b>3</b>	<b>Metodologia .....</b>	<b>28</b>
3.1	Sistema On-Grid.....	28
3.1.1	Componentes do Sistema On-Grid .....	29
3.1.2	Principais vantagens do uso da Energia Solar .....	34
3.1.3	Economia com Sistema On-Grid .....	34
3.2	MIT App Inventor 2 .....	37
3.2.1	Interface .....	38
3.2.2	Designer .....	39
3.2.3	Blocks .....	43
3.3	IDE Arduino .....	45
3.4	Módulo Bluetooth HC06 .....	46
3.5	Ethernet Shield .....	49
3.6	Módulo Relé .....	53
3.7	Lâmpadas inteligentes .....	54
3.8	Conectividade e comandos .....	54
<b>4</b>	<b>Considerações Finais .....</b>	<b>56</b>
<b>5</b>	<b>Referências Bibliográficas.....</b>	<b>57</b>

# 1 Introdução

A facilidade no transporte e as baixas perdas energéticas durante as conversões, fazem com que a energia elétrica seja utilizada em grande escala no mundo todo. A força dos ventos, das águas ou a energia do sol e recursos fósseis são algumas fontes de energia usadas para geração de energia elétrica.

No Brasil a fonte hidrelétrica está no topo da matriz elétrica. Mas, nos últimos anos foram implementadas políticas públicas que aumentaram outras fontes nessa matriz, tais como:

- Gás Natural;
- Petróleo;
- Carvão;
- Nuclear;
- Biomassa;
- Eólica;
- Biogás;
- Energia Solar.

Atualmente, a geração de energia elétrica a partir de fontes renováveis constitui uma tendência em diversos países. Apesar de possuir altos níveis de radiação solar e ter uma das maiores reservas de quartzo do mundo, o Brasil não está entre os líderes do uso desse tipo de tecnologia. Em 2012, a ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica) criou a resolução Nº 482<sup>1</sup>, onde fica estabelecido que uma pessoa física pode injetar eletricidade na rede brasileira se esta for produzida por fontes renováveis, o que motivou a indústria a desenvolver tecnologia nessa área. Pela conjuntura atual, considera-se que essa maior participação da geração fotovoltaica no Brasil se dará através da consolidação das “usinas solares”, conceito que está sendo amplamente implementado e difundido ao redor do país.

Outra tecnologia, que auxilia em economia e conseqüentemente entra na questão de sustentabilidade, em ascensão no Brasil é a automação residencial. Através do avanço

---

<sup>1</sup>

Disponível

em:

<<http://www2.aneel.gov.br/arquivos/PDF/Resolu%C3%A7%C3%A3o%20Normativa%20482.%20de%202012%20-%20bip-junho-2012.pdf>>. Acesso em 13/12/2019 às 15:22.

tecnológico, é possível realizar várias atividades por meio de dispositivos móveis, desde chamadas de vídeos, mensagens instantâneas pela internet, entre outros, fazendo com que seja imprescindível o uso destes.

O telefone celular se tornou um dos principais objetos utilizado pelo ser humano nos últimos anos, o que fez com que as empresas de tecnologia introduzissem no mercado o conceito de “Smartphones” (telefones inteligentes). Estes aparelhos oferecem as aplicações acima citadas além de contarem com sistemas operacionais (SO), processadores, memórias entre outras características que o fazem semelhante a um computador, incluindo comunicação através de rede sem fio.

O mercado atual de automação residencial atende às necessidades e aos confortos tecnológicos exigidos pelos usuários, porém cada produto tem seu próprio sistema e funciona apenas com seus próprios dispositivos.

Este tipo de automação pode ter vários níveis de complexidade, sendo o mais simples deles o controle de lâmpadas que pode ser introduzido através das plataformas Arduino e Android, não exigindo uma grande familiaridade do usuário com linguagens de programação, além de serem gratuitas.

## **1.1 Objetivo Geral**

Apresentar métodos para desenvolver um sistema de controle da iluminação de residências de maneira simples, agregado da utilização de placas fotovoltaicas para obtenção de energia elétrica com fonte sustentável, gerando economia e comodidade.

## **1.2 Objetivos Específicos**

- Apresentar os tipos de sistemas fotovoltaicos, os componentes necessários para instalação do sistema conectado à rede e as vantagens econômicas de sua aquisição.
- Apresentar modelos para implementação da automação em uma residência utilizando Arduino e módulos compatíveis para controle de lâmpadas, além do MIT App Inventor para criação de um aplicativo Android.

### **1.3 Justificativa**

Durante muitos anos, a humanidade utilizou os recursos naturais do planeta para suprir suas necessidades energéticas sem maiores preocupações com os problemas ambientais que tal atitude causaria para gerações futuras. A produção em larga escala fez com que alguns destes recursos chegassem à escassez e outros diminuíssem consideravelmente. Diante desses acontecimentos, uma das soluções encontradas foi a busca por fontes energéticas renováveis.

Outra mudança ocorrida ao longo dos anos diz respeito ao tempo que grande parte da população passa em seus locais de trabalho, aliado, muitas vezes, à necessidade de levarem determinadas tarefas para seus lares e, por isso, buscarem maneiras mais cômodas de interagir com os dispositivos da residência.

## **2 Revisão Bibliográfica**

Neste capítulo serão apresentados conceitos essenciais para o desenvolvimento deste trabalho.

### **2.1 Energia Solar**

Energia proveniente da luz do sol e que pode ser captada com painéis solares. A energia solar chega a Terra nas formas luminosa e térmica.

Produzir eletricidade através da energia solar não é uma novidade. Em 1839, um físico francês chamado Edmond Becquerel observou que duas placas de latão imersas em um eletrólito líquido produziam eletricidade quando expostas a luz solar. Esse fenômeno recebe o nome de efeito fotovoltaico.

A superfície da Terra recebe cerca de  $3 \times 10^{24}$  joules (J) por ano, ou seja,  $9,5 \times 10^4$  terawatt (TW) de energia solar. Este valor é cerca de 10.000 vezes a mais do que toda população terrestre consome.

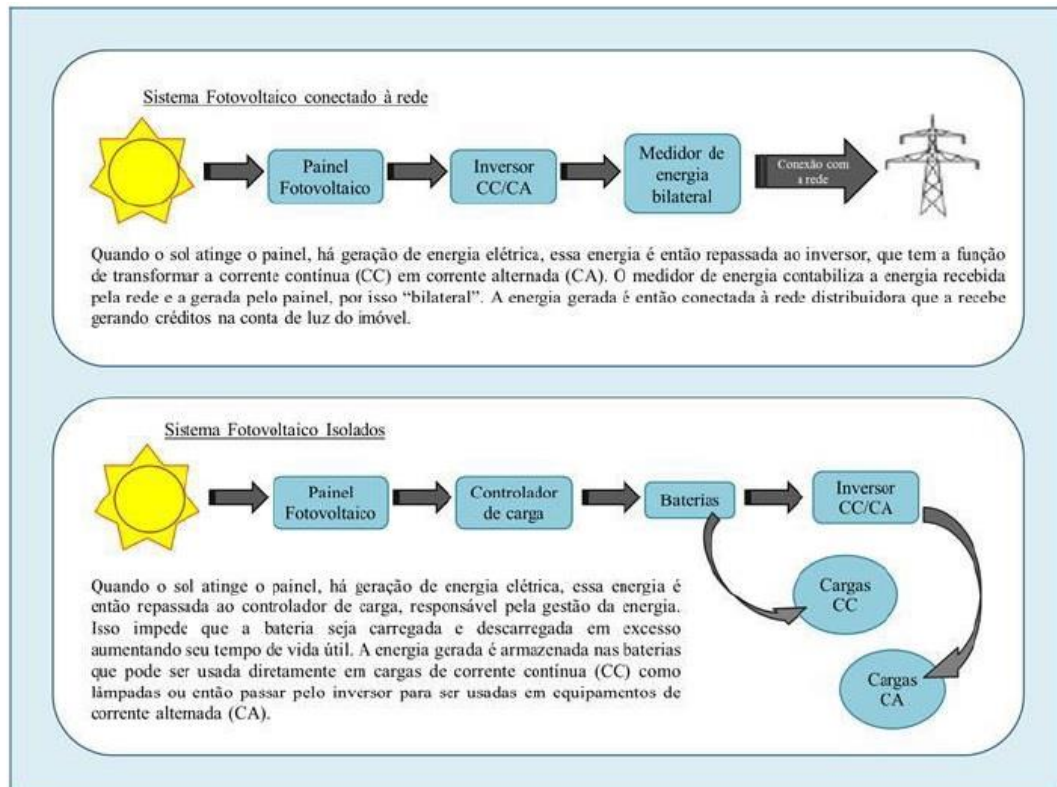
A tabela 1 mostra os valores aproximados de potência de pico nos países mais representativos no mercado fotovoltaico e em algumas capitais brasileiras. Os valores

utilizados para calcular a potência de pico são referentes à parte central dos territórios mencionados.

CIDADE/PAÍS	POTÊNCIA DE PICO (kWp)
São Paulo – SP	1,05
Rio de Janeiro – RJ	0,95
Belo Horizonte – MG	0,94
Manaus – AM	1,03
Salvador – BA	0,98
Japão	1,45
Alemanha	1,83
Espanha	1,09
Estados Unidos	1,03

**Tabela 1.** Potência-pico de alguns países e algumas capitais brasileiras.

A figura 1 mostra o esquema de funcionamento de cada tipo de sistema fotovoltaico. O primeiro é um sistema *On-Grid*, ou seja, conectado à rede da concessionária de energia elétrica e o segundo é um sistema isolado que funciona de forma independente, *Off-Grid* que utiliza um banco de baterias estacionárias para armazenar o excesso de energia gerada.



**Figura 1.** Esquema dos sistemas fotovoltaicos conectados à rede e isolado.  
Fonte: Energia Solar Fotovoltaica: Uma Breve Revisão.

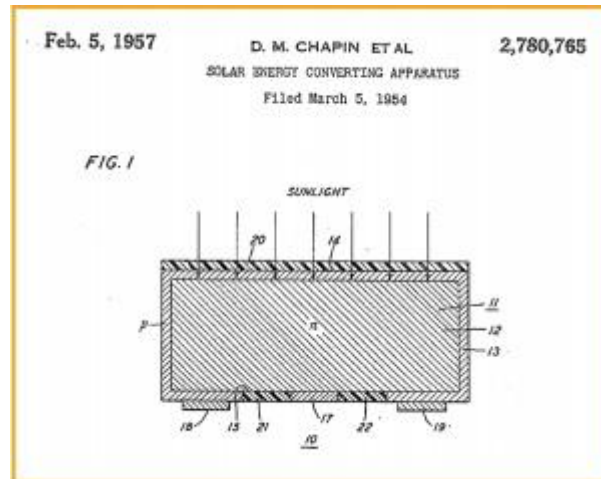
### 2.1.1 Células fotovoltaicas

Em 1887, W.G. Adams e R.E Day construíram a primeira célula solar baseada em dois eletrodos de selênio que produziam corrente elétrica quando expostas à radiação solar, mas com eficiência muito baixa. O desenvolvimento de células solares interessantes só foi possível após uma melhor compreensão dos materiais semicondutores. Só em 1954 D.M. Chapin e colaboradores, do Bell Laboratory, nos Estados Unidos da América, publicaram o primeiro artigo sobre células solares em silício – ao mesmo tempo que registravam a patente de uma célula com eficiência de 4,5%<sup>2</sup>.

A figura 2 representa a primeira célula solar desenvolvida.

<sup>2</sup> BRITO, Miguel C.; SILVA, José A. "Energia Fotovoltaica: conversão de energia solar em eletricidade". O instalador, 2006.





**Figura 2.** Extrato da patente da primeira célula solar, registrada em 1954.  
Fonte: Energia Fotovoltaica: conversão de energia solar em eletricidade.

O elemento essencial para a conversão da radiação solar em energia elétrica é a célula fotovoltaica (FV). Com cerca de  $100 \text{ mm}^2$ , gera aos seus terminais uma tensão entre 0,5 e 1 volts (V), com uma corrente em curto circuito com cerca de algumas dezenas de miliampéres (mA). Normalmente as células são montadas em série nos painéis solares, com 28 a 36 células, gerando tensões DC da ordem de 12 V.

O silício (Si) é o principal material na fabricação de células fotovoltaicas. Este elemento vem sendo explorado em diversas formas: cristalino, policristalino e amorfo.

Existem tecnologias aplicadas para a produção de Células Fotovoltaicas, classificadas em três gerações de acordo com seu material e suas características:

- A primeira geração é composta por silício cristalino (c-Si), que se subdivide em silício monocristalino (m-Si) e silício policristalino (p-Si), representando 85% do mercado (ALMEIDA et al. 2016). O valor de eficiência máximo obtido é de 24.4%. Estas células de alta eficiência são dispositivos que requerem uma tecnologia muito complexa. As células produzidas a nível industrial apresentam eficiências típicas da ordem dos 15%.
- A segunda geração (filmes finos), é dividida em cadeias: silício amorfo (a-Si), disseleneto de cobre, índio e gálio (CIGS) e telureto de cádmio (CdTe).
- A terceira geração, é definida pelo IEEE - Instituto de Engenheiros Eletricistas e Eletrônicos como:

Células que permitem uma utilização mais eficiente da luz solar que as células baseadas em um único band-gap eletrônico. De forma geral, a terceira geração deve ser altamente eficiente, possuir baixo custo/watt e utilizar materiais abundantes e de baixa toxicidade. (IEEE, 2014).

Como a energia elétrica gerada por um sistema fotovoltaico é imprevisível e infrequente, já que depende das condições climáticas e das variações dia/noite, se faz necessário projetar alguma forma de armazenamento e/ou geração auxiliar de energia elétrica.

### **2.1.2 Sustentabilidade**

De acordo com Dienstmann, 2009:

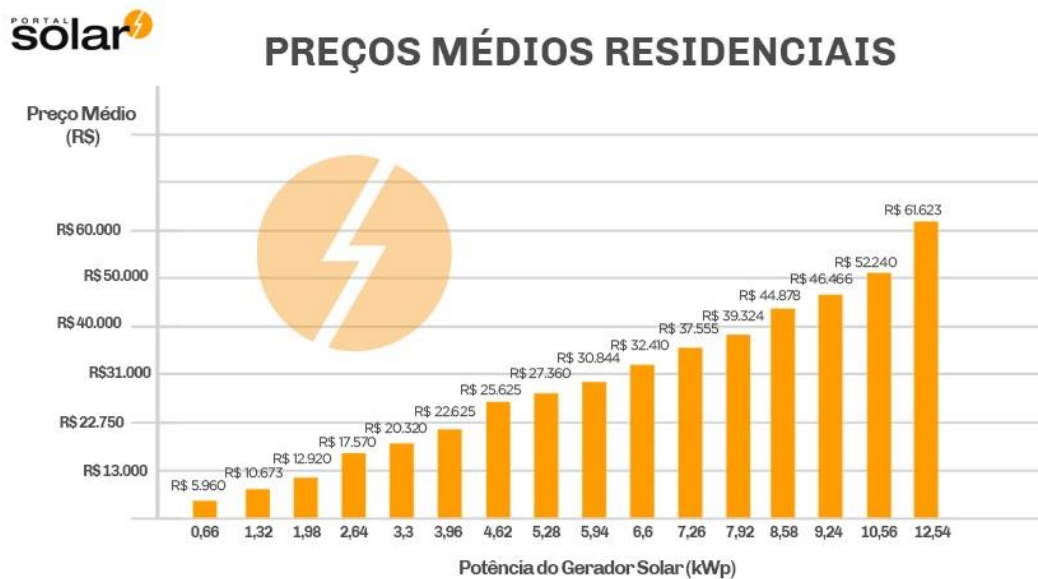
Um sistema de geração de energia sustentável deve respeitar os seguintes critérios:

- Produzir mais energia durante seu ciclo de vida do que a energia gasta para fabricar o sistema;
- Não deve esgotar um recurso natural durante a utilização;
- Não deve criar um subproduto que tenha um efeito negativo na sociedade ou no ambiente.

Uma análise de ciclo de vida (LCA – Life Cycle Analysis) deve ser feita para determinar a verdadeira sustentabilidade de um sistema de produção de energia. Ela deve incluir uma quantificação do material e da energia utilizados para a extração da matéria-prima, a manufatura dos componentes, os requisitos de uso, geração, fim de uso, distribuição e transporte.

Levando em consideração que a vida útil de um painel fotovoltaico gira em torno de 25 anos (podendo chegar a 60 anos em ambientes secos), praticamente todas as tecnologias disponíveis no mercado são rentáveis em termos de balanço energético e custo benefício.

A figura 3 mostra os valores médios para aquisição da energia solar fotovoltaica residencial.



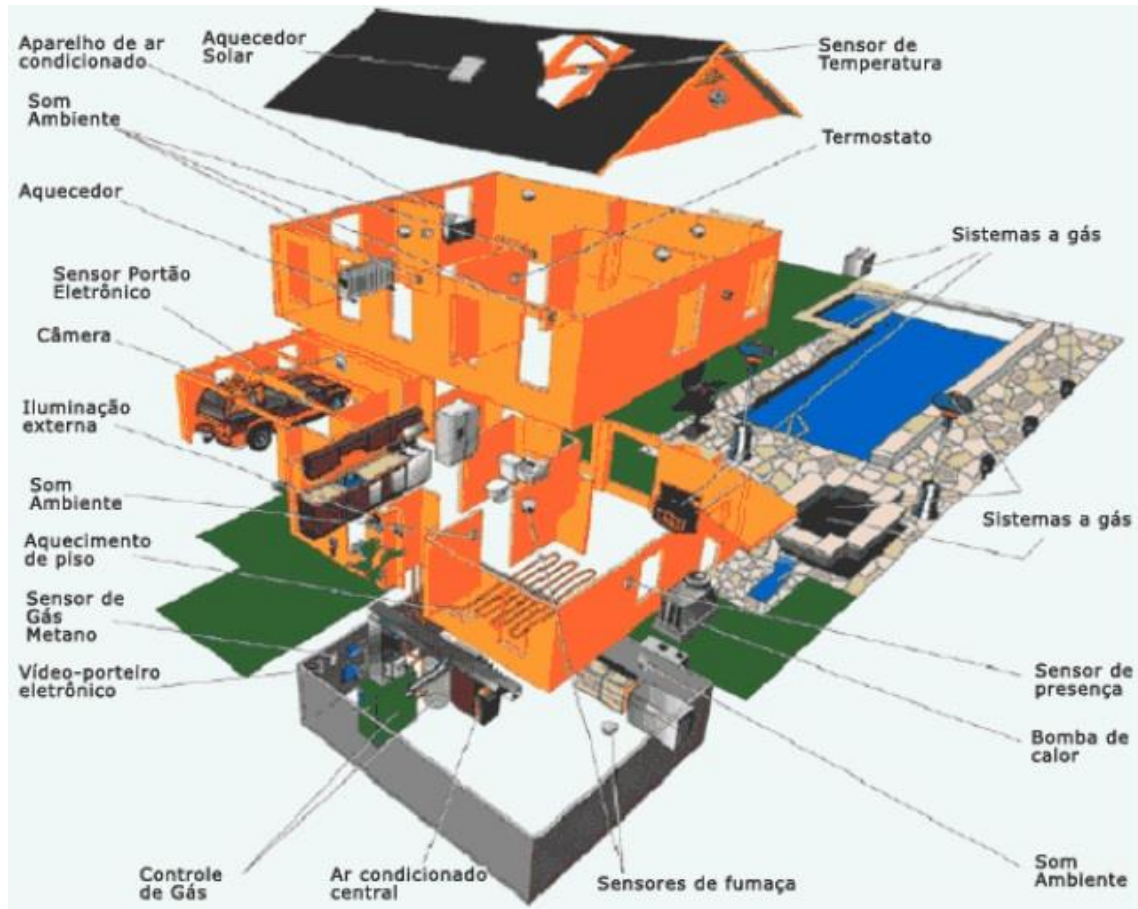
**Figura 3.** Valores médios de instalação dos sistemas Fotovoltaicos.  
Fonte: Site Portal Solar<sup>3</sup>.

## 2.2 Automação Residencial

A automação residencial também conhecida como domótica - como é citada por vários autores, já que é o termo mais utilizado na Europa onde é mais comum o uso de automação nas residências - consiste em utilizar simultaneamente a eletrônica, eletricidade e sistemas de informação no ambiente domiciliar, permitindo sua gestão - local ou remota -, possibilitando a seus moradores maior conforto, comodidade e segurança.

Segundo (JUNIOR, 2013) domótica é o conjunto de sistemas capaz de automatizar o lar, oferecendo serviços de segurança, gestão de energia, conforto e comunicação. Estes podem estar integrados por meio de redes internas e externas de comunicação, com ou sem fio. A figura 4 mostra alguns pontos de uma residência possíveis de se automatizar.

<sup>3</sup> Disponível em: < <https://www.portalsolar.com.br/quanto-custa-a-energia-solar-fotovoltaica.html> >. Acesso em: 02/10/2019 às 00:13.



**Figura 4.** Residência automatizada.

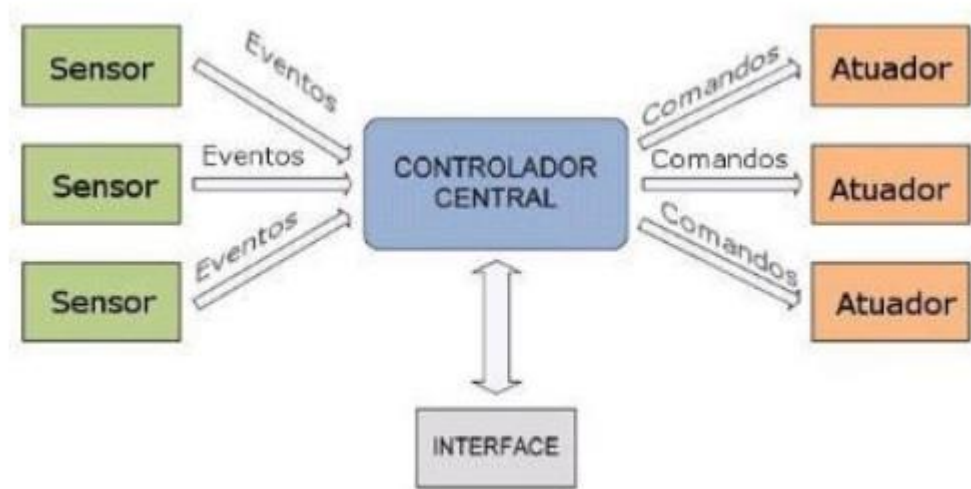
Fonte: Automação residencial utilizando Bluetooth, Ethernet e Smartphone.

A automação residencial é baseada na automação industrial, mas com um nível de complexidade menor. No primeiro é necessário um controle imune a falhas, com respostas rápidas aos comandos e alta perfeição. Já no segundo se faz necessário equipamentos com um melhor acabamento e uma interface de fácil comunicação com o usuário.

Para satisfazer as requisições feitas pelos usuários, a domótica se utiliza de vários equipamentos espalhados pela residência. Estes podem ser divididos em 3 grupos principais:

- Atuadores: controlam os equipamentos da residência.
- Sensores: captam as informações do ambiente.
- Controladores: controlam os sensores e atuadores realizando as requisições feitas pelo usuário.

A figura 5 expõe a atuação dos 3 grupos principais.



**Figura 5.** Arquitetura centralizada dos equipamentos.  
 Fonte: Sistema de automação usando Arduino e controle web.

Existem dois modelos de funcionamento para a automatização, o passivo - que será o utilizado neste trabalho - e o automático:

- Passivo: o dispositivo recebe uma ordem que é transmitida pelo sistema do usuário através de botões, painéis, etc.
- Automático: sistema mais inteligente que além de reagir aos comandos dados pelo usuário, também interpreta algumas circunstâncias externas retornando as informações ao usuário.

### 2.2.1 Sistemas embarcados

Os sistemas embarcados, também conhecido como sistemas embutidos, são desenvolvidos para desempenharem uma tarefa específica. É um tipo de sistema microprocessado no qual o computador é inteiramente dedicado ao dispositivo ou sistema que ele controla.

O uso destes sistemas tem como objetivo minimizar custos e tamanhos das placas desenvolvidas, além de aperfeiçoar os acionamentos dos dispositivos. O usuário interage com o equipamento através de interfaces como tablets, teclados, computadores e smartphones, conseguindo controlar diversos aparelhos.

### 2.2.1.1 Plataforma Arduino

Foi desenvolvida na Itália em 2005 pelo professor Massimo Banzi que tinha como objetivo ensinar programação de computadores e eletrônica aos seus alunos de design, para que eles usassem em seus projetos de artes.

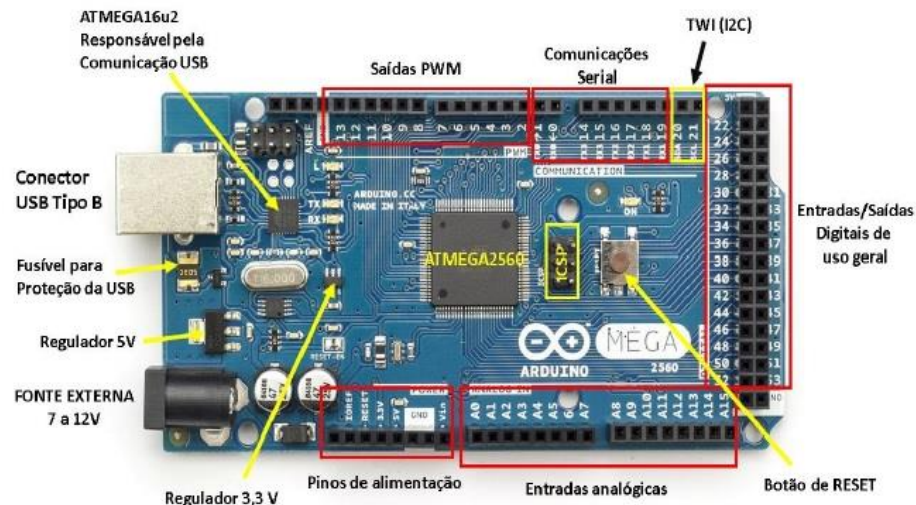
O Arduino é uma plataforma de software e hardware livres (open source) que conta com um ambiente de sistema integrado que possibilita a escrita de linhas de código na placa, permitindo que pessoas que não tem domínio com software ou eletrônica desenvolvam seus projetos.

A sua programação é muito simplificada, uma vez que as diversas funções que o controlam apresentam uma sintaxe similar as linguagens de programação muito utilizadas, como por exemplo C/C++.

Esta ferramenta consegue perceber o ambiente através de dispositivos que têm a função de transformar um aspecto do mundo físico em sinais elétricos (sensores), ligados às portas de entrada de dados e afetar os arredores através dos dispositivos que têm a função inversa (atuadores), ligados às suas portas de saída.

Existem diversos modelos de placas do Arduino, que variam em seu tamanho, quantidade de portas de entrada e saída (analógicas e digitais) e em capacidade de memória. Algumas placas pré-montadas (Shields) permitem a expansão das funções do microcontrolador.

As figuras 6 detalha os componentes de uma placa Arduino:

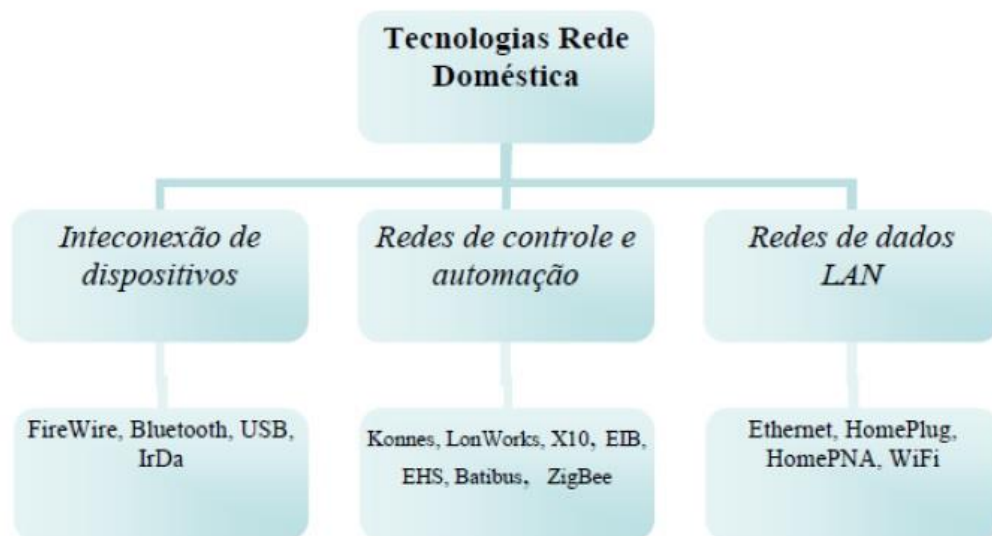


**Figura 6.** Componentes da placa do Arduino Mega.  
Fonte: Automação residencial usando Arduino e SO.

## 2.2.2 Redes domiciliares

A rede domiciliar é um sistema de comunicação que permite a interconexão entre dispositivos de uma residência com uma restrição de distância - geralmente 30 metros -, visando a comunicação, conforto, segurança e economia de energia.

As principais tecnologias encontradas são apresentadas na figura 7:



**Figura 7.** Principais redes domiciliares.

Fonte: Automação residencial usando Bluetooth, ethernet e smartphone.

Estes sistemas são selecionados de acordo com as necessidades e do poder de investimento do usuário.

### 2.2.2.1 Sistema Wireless

A tecnologia Wireless consiste em um sistema de comunicação utilizando ondas eletromagnéticas para transmitir dados ou informações, sem a necessidade da utilização de cabos. Começou a ser desenvolvida na década de 60 através da concepção do conceito de comunicações celulares pelos pesquisadores da Bell Laboratories.

Houve um surgimento de várias redes sem fio ao mesmo tempo em que as aplicações de comunicação wireless estavam se desenvolvendo, entre as quais podemos citar: telefonia celular, telefone sem fio, sistemas de segurança, sistemas de automação residencial e outros.



Com o aumento da rede de computadores e de telefonia sem fio, foi necessário que outros sistemas de comunicação fossem criados para atender as necessidades de transmissão de dados e informações de um equipamento para o outro, são elas (RUPPEL et al., 2013, p.41).

- WLAN (Wireless Local Area Network) – são redes de tecnologia wireless com alcance entre 100 a 300 metros destinadas a interligação de redes locais. É um padrão alternativo para as redes com cabeamento convencional (par trançado ou fibra óptica).
- WPAN (Wireless Personal Area Network) – são redes de tecnologia sem fio de pequeno alcance, entre 10 a 100 metros. Consiste em um padrão para redes locais definido pelo IEEE 802.15, para endereçamento de redes wireless que utilizam dispositivos portáteis ou móveis.
- WMAN (Wireless Metropolitan Area Network) – são redes designadas a acessos de banda larga de grande alcance (em torno de 6km).
- WWAN (Wireless Wide Area Network) – são destinadas as redes de telecomunicações em longa distância, transmissão de dados e serviços de voz.

#### **2.2.2.1.1 Wi-fi**

Atualmente o Wi-Fi se destaca como a tecnologia de rede sem fio mais utilizada. Sua especificação é dada pela norma 802.11 do IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) e pelo WEP (Wired Equivalency Protocol) que é um protocolo de segurança.

A maneira de se conectar via Wi-Fi é simples, é necessário ter uma access point, que pode ser doméstico ou local público, e o usuário precisa de um dispositivo capaz de se conectar a uma rede sem fio nos padrões 802.11b, 802.11a ou 802.11g, como tablet, notebook e smartphone. Essa rede opera na faixa de 2,4 a 5 GHz, permitindo a comunicação entre os dispositivos com uma velocidade de até 54 Mbps num alcance de até 150 metros, inicialmente por meio do padrão 802.11 até chegar ao padrão 802.11a. A tabela 2 apresenta os padrões 802.11 e suas características.



Padrão	Taxa de bits	Alcance interno	Frequência de operação
802.11	Até 2 Mbps	100 metros	2,4 GHz
802.11 a	Até 54 Mbps	25 a 100 metros	5 GHz
802.11 b	Até 11 Mbps	100 a 150 metros	2,4 GHz
802.11 g	Até 54 Mbps	100 a 150 metros	2,4 GHz

**Tabela 2.** Principais padrões difundidos e características.

### 2.2.2.1.2 Bluetooth

O Bluetooth é um protocolo para comunicação a curta distância via sinal de rádio com operação na faixa de frequência de 2,402 a 2,485 GHz.

Por ter velocidade de transmissão real (bits úteis) na faixa de 721 kbps em modo assíncrono ou 432 kbps em modo síncrono e alcance baixo, o Bluetooth acaba sendo pouco utilizado em redes. Atualmente existe um padrão mais rápido com uma velocidade bruta (considerando todos os bits) chegando a 3 Mbps, mas é necessário que os dois dispositivos suportem o padrão para que a taxa não volte ao original.

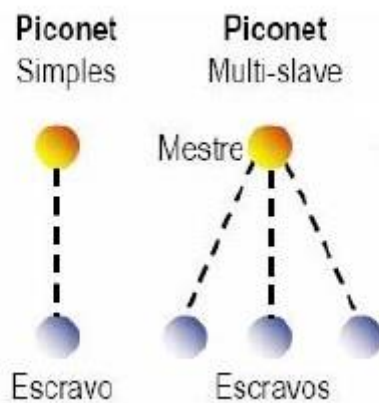
O padrão Bluetooth possui protocolos de comunicação diferentes, desenvolvidos para atender os mais variados tipos de cenários, fazendo com que os dispositivos sejam reconhecidos pelo sistema de maneira diferente (ALVARES e ANTUNES, 2015):

- HSP (Headset Profile) – Utilizado por Headset Bluetooth, é visto pelo sistema como uma placa de som remota, permitindo o envio streaming de áudio.
- HID (Human Interface Device Profile) – Utilizados por dispositivos de entrada como mouses, teclados e joysticks.
- FTP (File Transfer Profile) – Permite transferência de arquivos.
- OPP (Object Push Profile) – Permite transferências de dados em geral, fotos, contatos e outras informações.

- DUN (Dial-up Networking Profile) – Utilizado por celulares para permitir acesso à web por meio de um computador.

Este tipo de tecnologia tem como modo de operação o modelo mestre/escravo, que define um conjunto de regras para transmissão de dados.

O dispositivo que está configurado para que o módulo Bluetooth atue como mestre pode se conectar a outros aparelhos com papel de escravos e trocar informações. O mestre pode receber dados ou enviar comandos para até sete dispositivos escravos simultaneamente. Por outro lado, um escravo só consegue se conectar a um mestre e trocar informações apenas com ele. Sendo assim, mesmo que haja mais de um escravo na mesma piconet (rede formada via Bluetooth) eles não se comunicam diretamente. Na figura 8 é possível observar o modelo mestre/escravo.



**Figura 8.** Esquema de duas piconets.

Fonte: Automação residencial utilizando plataforma arduino e dispositivos móveis.

### 2.2.2.2 TCP/IP

A DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency) foi quem patrocinou a criação da arquitetura TCP/IP, tendo como base um serviço de transporte a conexão através do TCP (Transmission Control Protocol), e um serviço de rede não orientado a conexão, pelo IP (Internet Protocol). Este modelo foi criado pensando na interligação de redes heterogêneas, o que fez deste modelo um sucesso.

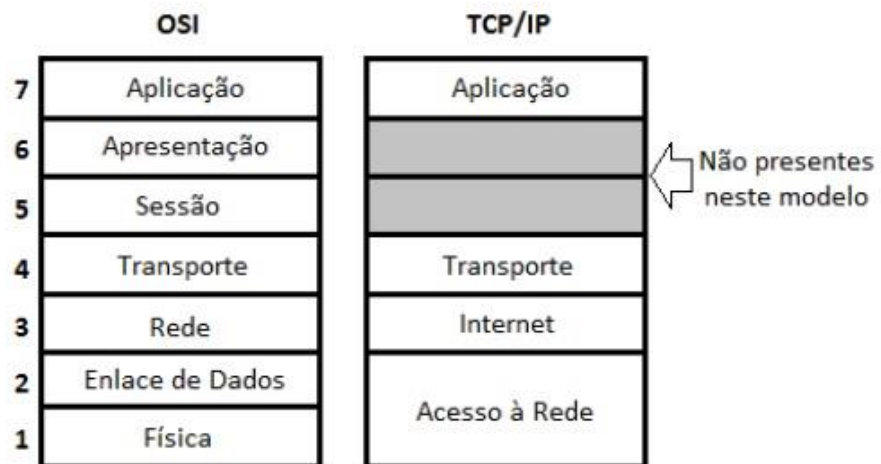
Este modelo implementa quatro camadas:

- Enlace: descrição do que os enlaces devem fazer para atender as necessidades da camada da internet. Podem ser seriais ou padrão Ethernet.
- Internet: permissão para que os hosts coloquem pacotes em uma rede qualquer, independente do destino.
- Transporte: mantem comunicação entre os hosts pares de origem e destino.
- Aplicação: fornece os protocolos de mais alto nível.

Segundo CUNHA, 2013:

O IP é o protocolo da camada de rede denominado como base de toda a Internet, que pode ser vista como um conjunto de redes ou sistemas autônomos que estão interconectados, onde não existe uma estrutura física, mas vários backbones principais construídos a partir de linhas de grande largura de banda e roteadores rápidos. Conectados aos backbones estão as redes regionais (nível médio) e os ISPs (Internet Service Providers), cuja função é prover o acesso a Internet. Conectados as redes regionais estão mais ISPs, LANs de universidades e companhias e outras redes.

A figura 9 apresenta as camadas do modelo de referência OSI utilizadas no TCP/IP.



**Figura 9.** Modelo de referência TCP/IP

Fonte: Automação residencial usando Bluetooth, Ethernet e Smartphone.

### 2.2.3 Android

O Android é um sistema operacional para dispositivos móveis pela Open Handset Alliance, que é a junção da Google e outras empresas. Como se trata de um projeto aberto e tem apoio de várias empresas fabricantes de equipamentos móveis, o Android é encontrado em diversos tipos de dispositivos móveis como smartphones e tablets, por

exemplo, e foram desenvolvidos para extrair ao máximo os recursos que estes aparelhos podem oferecer. É o SO para dispositivos móveis mais utilizado no mundo.

Segundo ALVARES e ANTUNES, 2015:

Ele foi projetado para tirar proveito das telas sensíveis ao toque, da capacidade de processamento e grande conectividade dos dispositivos móveis atuais, e possibilitar a criação de aplicações tão complexas quanto às destinadas a computadores pessoais.

Um SO nada mais é do que uma camada do software situada entre o hardware e as aplicações executadas pelo usuário. Ele é responsável pela comunicação com hardware, produz a ligação dos softwares do usuário com os periféricos, além de distribuir e controlar os recursos computacionais.

### **3 Metodologia**

Este trabalho foi desenvolvido de maneira qualitativa, consistindo em uma revisão bibliográfica do tema abordado, buscando a junção de dois setores que estão em ascensão no Brasil e que têm como principais características o consumo energético, sustentabilidade e comodidade para as pessoas em suas residências.

Ao longo deste estudo será discutido a utilização de um sistema fotovoltaico, enaltecendo principalmente suas vantagens econômicas a médio prazo. Será abordado também o uso da plataforma Arduino para controle de lâmpadas em uma residência, utilizando um aplicativo com Sistema Operacional Android e comunicação via Bluetooth e Wi-Fi.

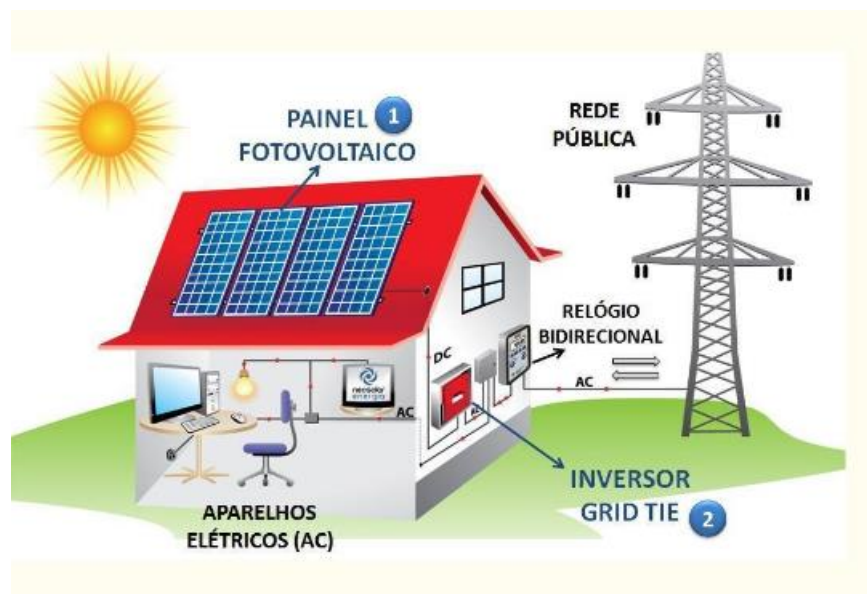
#### **3.1 Sistema *On-Grid***

São aqueles que trabalham juntamente com a rede elétrica da distribuidora de energia. Basicamente, o painel fotovoltaico gera energia elétrica em corrente contínua, depois é feita uma conversão para corrente alternada e injetada a rede de energia elétrica. A conversão é feita por um inversor de frequência que realiza a interface entre o painel e a rede elétrica (ALMEIDA et al., 2016). Estes tipos de sistema geralmente não utilizam

métodos de armazenamento de energia, e por isso são mais eficientes e baratos que os sistemas autônomos.

Os sistemas On-Grid dependem de regulamentação e legislação favorável, devido a utilização de redes elétricas de concessionárias para escoamento da energia excedente. Esta energia que retorna a rede de transmissão reduz os custos com kWh e gera créditos para o proprietário com a concessionária que distribui energia elétrica naquela região (BOSO; GABRIEL; FILHO, 2015).

A figura 10 mostra um esquema fotovoltaico ligado à rede (*On-Grid*).



**Figura 10.** Sistema Fotovoltaico ligado à rede elétrica (*On Grid*).  
Fonte: Site Neosolar<sup>4</sup>.

### 3.1.1 Componentes do Sistema *On-Grid*

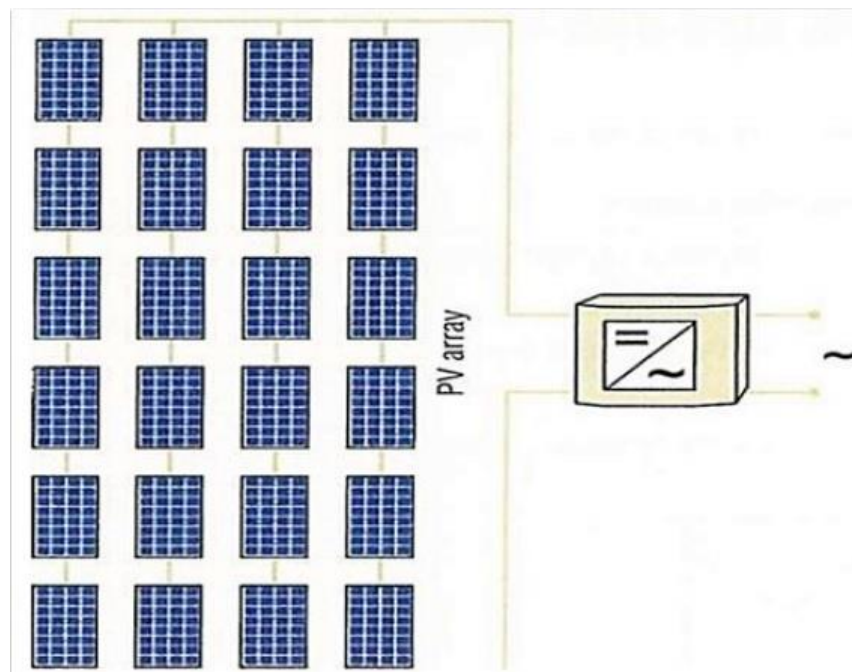
Para a conexão à rede, utiliza-se dispositivos e configurações específicas. A seguir são apresentados componentes e configurações normalmente utilizados em sistemas fotovoltaicos conectados à rede.

<sup>4</sup> Disponível em: <<https://www.neosolar.com.br/aprenda/saiba-mais/sistemas-de-energia-solar-fotovoltaica-e-seus-componentes>>. Acesso em: 02/10/2019 às 22:57.

### 3.1.1.1 Painel Fotovoltaico no Sistema *On-Grid*

A configuração elétrica do painel fotovoltaico está diretamente ligada à forma de trabalho do inversor Grid-tie do sistema.

Para instalações residenciais o mais utilizado é o inversor sem transformador, geralmente com potência nominal entre 1 kWp e 3kWp e com associações de 6 a 18 módulos. Neste tipo de configuração as tensões e o risco de choque elétrico são maiores, já as correntes são menores, o que reduz as perdas por efeito joule e a largura do fio condutor. A figura 11 representa um sistema com alta tensão de entrada ( $>120$  VCC), onde as placas são instaladas em um circuito misto, contendo módulos em série para alcançar a tensão nominal do sistema e em paralelo para alcançar a potência de pico calculada para o projeto.



**Figura 11.** Sistema fotovoltaico com alta tensão de entrada ( $>120$  VCC).  
Fonte: Os Sistemas de Energia Solar Fotovoltaica.

Os painéis solares para este tipo de configuração necessitam de um sistema de proteção mais aprimorado, devido à falta de isolamento proporcionado pelo transformador. Como as fileiras são muito longas, sistemas com essa disposição acabam tendo como desvantagem os sombreamentos parciais. O sombreamento de uma célula solar restringe o fluxo de elétrons que circulam pelo painel fotovoltaico.

### 3.1.1.2 Inversor *On-Grid* (Grid-tie)

O inversor Grid-tie é um inversor inteligente, que transforma e sincroniza a energia fornecida pelos seus painéis solares com a energia que você já usa na sua casa.

Podem ser conectados diretamente à rede de distribuição (necessitando da permissão da empresa proprietária da rede elétrica), pois possuem um alto grau de sofisticação para o controle sobre a tensão, fase e frequência. Este dispositivo age como um “misturador” da energia solar com a energia elétrica convencional, permitindo que qualquer aparelho ligado à rede elétrica faça uso dessa energia. Como estão ligados diretamente a rede eles têm a capacidade de fornecer corrente alternada da melhor maneira possível, detectar ameaças na rede e se desligarem automaticamente da rede em caso de queda/falta de energia (apagões). Podem ser conectados de duas maneiras:

- Diretamente a rede – a energia elétrica é rapidamente escoada para o sistema e utilizada pelos consumidores mais próximos.
- Pelo ponto de conexão da residência com a concessionária – energia elétrica gerada é consumida apenas pela residência e somente o excedente é fornecido à rede.

Para fornecer o máximo de energia à rede, o inversor deve operar no ponto de máxima potência (MPP). Como esse parâmetro muda de acordo com as condições climatológicas, o inversor deve ter um sistema de seguimento do ponto máximo de potência (MPPT), que tem a função de ajustar automaticamente a tensão de entrada do inversor de acordo com a tensão MPP de cada momento.

As funções de um inversor Grid-tie são:

1. Converter a corrente contínua (CC), gerada pelo painel fotovoltaico, em corrente alternada (CA), de acordo com o funcionamento da rede de distribuição.
2. Realizar o ajuste para o MPP para funcionar com maior rendimento possível.
3. Registro operacional, armazenando/transmitindo dados durante seu funcionamento, através de displays, cartões de memória, etc.

4. Possuir dispositivos de proteção em CC e CA, contra curtos-circuitos, inversões de polaridade, sobre cargas e sobre tensões, e proteção para conexão com a rede.

### 3.1.1.3 Caixa de Junção

Aparelhagem responsável por proteger e isolar o sistema de produção da energia fotovoltaica, impedindo o risco de propagação de acidentes elétricos, como os curtos-circuitos e surtos elétricos. Essas caixas possuem em seu interior os elementos necessários para tal proteção.

- Fusível – interrompem a passagem de corrente que possivelmente danificaria todo o circuito, pois quando o valor de corrente definido é ultrapassado o fio condutor deste elemento se rompe. Seu dimensionamento deve ser feito para correntes menores que a corrente reversa suportada pelo módulo.
- Disjuntor – interruptor de desarme automático quando o mesmo identifica um curto circuito ou sobrecarga. Também pode ser desligado manualmente para realizar manutenções no sistema.
- DPS – aparelhos capazes de proteger equipamentos eletrônicos detectando picos de tensão que podem vir da rede elétrica, de linhas telefônicas e outros, drenando-os para o sistema de aterramento antes de atingirem os equipamentos.

Na figura 12 podemos observar uma caixa de proteção.





**Figura 12.** Caixa de junção com equipamentos instalados.  
Fonte: Guia de instalação de Energia Solar.

### 3.1.1.4 Relógio Bidirecional

Equipamento que registra as energias direta (consumida da distribuidora) e reversa (injetada na rede elétrica da distribuidora). É responsável por contabilizar a energia reversa e por medir a energia direta que é enviada para distribuidora quando há excesso na produção. A figura 13 apresenta um modelo desse aparelho.



**Figura 13.** Medidor de energia bidirecional.  
Fonte: Guia de instalação de Energia Solar.

### 3.1.2 Principais vantagens do uso da Energia Solar

Atualmente um dos maiores desafios para a população mundial são as fontes energéticas, uma vez que muitas que ainda são utilizadas não se renovam, gerando a necessidade de novas tecnologias para sua utilização e altos investimentos. As chamadas energias limpas (não poluem a atmosfera) surgiram como solução para muito setores, entre eles os residenciais - que são abordados neste trabalho. A energia solar é um tipo de energia renovável e algumas vantagens de se utilizar esse tipo de energia em uma residência são:

- Não gera resíduos;
- A durabilidade das placas solares é alta, cerca de 25 anos<sup>5</sup>;
- O preço dos painéis solares caiu cerca de 80% desde 2008<sup>4</sup>;
- O ramo da energia solar é um grande potencial lucrativo atualmente no Brasil;
- Uma residência comum pode economizar até 95% na conta de luz<sup>6</sup>;
- Imunidade ao aumento da tarifa de energia;
- Resistência a intempéries.

### 3.1.3 Economia com Sistema *On-Grid*

Segundo Souza e Ferreira (2019) a média do consumo de energia por residência no Brasil é aproximadamente 159 kWh/mês. A tabela 3 apresenta as potências necessárias para alguns valores de consumo médio de energia em kWh, bem como o preço médio para instalação.

---

<sup>5</sup> Guia completo da Energia Solar Fotovoltaica. Disponível em: <<https://www.soliens.com.br/>>. Acesso em: 01/12/2019 às 18:41.

<sup>6</sup> Disponível em: <<https://g1.globo.com/sp/ribeirao-preto-franca/especial-publicitario/envo/noticia/2019/05/13/energia-solar-residencial-descubra-10-motivos-para-investir.ghtml>>. Acesso em 01/02/2019 às 18:45.

Consumo médio (kWh)	Potência do sistema (kWp)	Preço médio (R\$)
200	1,32	10.673,36
330	2,64	17.570,00
400	3,3	20.320,00
660	4,62	25.695,00
800	6,6	32.410,00
1480	até 10,56	52.240,00

**Tabela 3.** Preço da instalação de Energia Solar Fotovoltaica Residencial<sup>7</sup>.

Para o cálculo da economia gerada pelo sistema *On-Grid*, foi considerado um consumo médio de energia em quilowatt hora (kWh) de uma residência que possui dois quartos, sala, cozinha e um banheiro, localizada na cidade de João Monlevade – MG onde a empresa responsável pela distribuição da energia elétrica é a Companhia Energética de Minas Gerais S.A (CEMIG).

Baseado no valor do consumo médio da população brasileira, o sistema escolhido tem um custo de R\$ 10.673,36. Considerando todo custo de investimento para instalação do sistema de energia solar fotovoltaica, somando este valor ao de manutenção mínima que terá ao longo dos 25 anos e dividindo pela energia gerada durante esse período teremos o custo do kWh com o sistema *On-Grid*. A tabela 4 mostra os tipos de serviços e seus valores.

Serviços	Valor (R\$)
Investimento (Equipamento + Instalação)	13.000,00
Manutenção (25 anos)	5.000,00
<b>Custo Total</b>	<b>18.000,00</b>

**Tabela 4.** Sistema de Energia Fotovoltaica de 1,32 kWh em MG<sup>8</sup>.

<sup>7</sup> Disponível em: <<https://www.portalsolar.com.br/quanto-custa-a-energia-solar-fotovoltaica.html>>. Acesso em 01/12/2019 às 21:47.

<sup>8</sup> Idem.

A energia gerada ao longo de 25 anos é calculada da seguinte maneira:

- Energia gerada = Consumo médio (kWh/mês) x 12 (número de meses) x 25 (tempo de durabilidade das placas).
- Energia gerada = 200 kWh/mês x 300 meses.
- Energia gerada = 60.000 kWh.

Portanto, o valor do kWh com a instalação do sistema fotovoltaico é:

- Valor kWh = Valor do investimento (R\$) / Energia gerada (kWh).
- Valor kWh = R\$ 18.000,00 / 60.000 kWh.
- Valor kWh = R\$ 0,30 / kWh.

A figura 14 apresenta valores cobrados pela distribuidora de energia elétrica do estado de Minas Gerais.

**CEMIG** Nota Fiscal - Conta de Energia Elétrica  
 CNPJ 08.981.160/0001-18 Inscr. Estadual 062.322.138.0067  
 Av. Barbacena, 1200 - 17ª Andar - Ala A1 Santo Agostinho - CEP 30.190-131 Belo Horizonte - MG - Brasil

Série: U1 NF: 114652740  
 Controle: 02.109/R4S0DBA214/0096

Emissão: 07/05/2019 Impressão: 07/05/2019 11:54:13  
 Tarifa Social de Energia Elétrica - TSEE criado pela Emissão autorizada pelo Regime Especial/PTA Nº 45.000009782.37 - SEF/MG Lei nº 10.438 de abril de 2002

**Nº DO CLIENTE:** [REDACTED]

Nº da Instalação	Subclasse	Classe
3013563660	RESIDENCIAL	Residencial Básico

JOAO MONLEVADE - MG  
 CEP: 35931-159

Medidor Nº	Datas de Leituras			Modalidade Tarifária
	Anterior	Atual	Próxima	
[REDACTED]	05/04	07/05	06/06	Tarifa Convencional

Informações Técnicas				
Tipo de Medição	Leitura Anterior	Leitura Atual	Constante de Medição	Consumo kWh
Energia Elétrica	1291	1409	1	118

VALORES FATURADOS			
Descrição	Quantidade	Preço	Valor (R\$)
Energia Elétrica kWh	118	0,8884276	104,81
ENCARGOS/COBRANÇAS			
Descrição			Valor R\$
Contrib. Custeio Ilum. Pública			18,63
Juros mora 1%am: 6 dia(s) sobre R\$105,05			0,28
Variação do IGP-M: R\$105,33			0,35
Multa 2% conta de 04/2019 sobre R\$ 97,11			1,94
TARIFAS APLICADAS (Sem Impostos)			
Energia Elétrica kWh	ADICIONAL BANDEIRAS (Já incluído no Valor a Pagar)		0,37
BANDEIRA AMARELA			0,37

**Figura 14.** Fatura da conta de energia em MG.

Fonte: Elaborada pelo autor.

Sendo assim, é possível calcular qual valor em reais (R\$) que será economizado por ano. O valor em kWh cobrado pela CEMIG é de R\$ 0,88 kWh e o consumo médio da população brasileira é de 159 kWh. Multiplicando esses valores, encontramos um custo

mensal de R\$ 139,92 e utilizando o mesmo método para calcular o custo mensal para o sistema fotovoltaico teremos o valor de R\$ 47,70. Dessa forma, economiza-se por mês R\$ 92,22, valor que representa uma economia de R\$ 1.106,64 anualmente. Além disso deve-se levar em consideração as bandeiras tarifárias e a inflação energética, o que faz da opção pelo investimento em energia solar ainda mais vantajosa.

O tempo de retorno do investimento em energia solar (Payback) pode ser calculado através da divisão do investimento inicial (equipamento + instalação) pela economia anual conseguida após a instalação do sistema. Neste caso citado durante o trabalho os valores seriam:

- $\text{Payback (anos)} = \text{Investimento inicial (R\$)} / \text{Economia anual (R\$/ano)}$ ;
- $\text{Payback} = \text{R\$ } 13.000 / (\text{R\$ } 1.106,64 / \text{ano})$ ;
- $\text{Payback} = 11,74 \text{ anos}$ .

Seriam aproximadamente 12 anos para o retorno financeiro do investimento inicial e 13 anos gerando a própria energia, sem gasto algum com o consumo de energia elétrica, já que os painéis solares têm uma média de 25 anos de vida útil.

## 3.2 MIT App Inventor 2

O MIT App Inventor foi criado em 2009 pelo time liderado por Hal Abelson, professor do Massachusetts Institute of Technology (MIT), e Mark Friedman, funcionário da Google, e desde então é mantido pela equipe do MIT's Center for Mobile Learning. O site possibilita que pessoas com interesse, mas sem experiência na área de Tecnologia da Informação (TI), criem aplicativos para o sistema operacional Android através de sua interface gráfica, substituindo a linguagem de programação por textos, fazendo com que o programador se preocupe com a sequência lógica do programa e a disposição dos elementos visuais e não com algum tipo de linguagem de programação e sua sintaxe (AMARAL e SILVA, 2017).

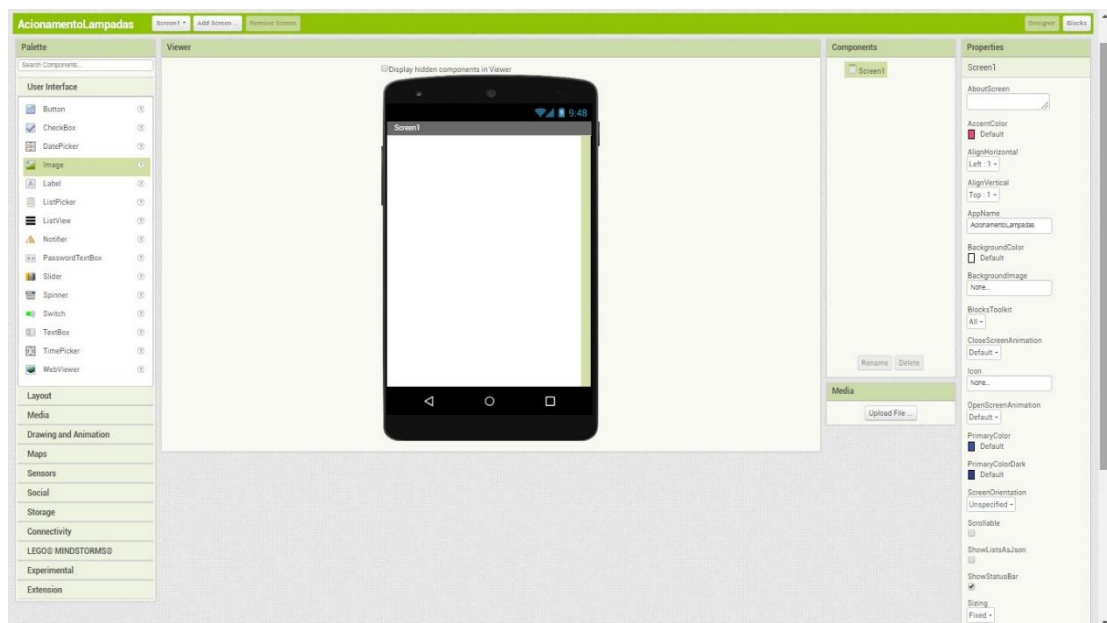
O código é feito em blocos, então todo o processo de criação da aparência do aplicativo (app) é posicionando na tela do aparelho os modelos pré-definidos que vão compor a parte visual do aplicativo.

O App Inventor 2 faz parte de uma modalidade recente para desenvolvimento de aplicativos voltados para sistemas móveis, onde o desenvolvimento é feito no próprio

navegador de internet e armazenado em um servidor do MIT, uma vez que usa a ferramenta de computação em nuvem. Além disso, a plataforma tem suporte para as comunicações Wi-Fi e Bluetooth, e por isso foi escolhida para compor este trabalho.

### 3.2.1 Interface

Ao abrir ou iniciar um novo projeto no MIT App Inventor, o usuário irá se deparar com uma tela de fácil interação e organizada, bem semelhante a maioria das IDEs mais comuns, mas com algumas diferenças que visam a otimização do trabalho e um melhor entendimento do usuário. Ao invés de uma árvore de arquivos, ele apresenta uma série de elementos que podem ser utilizados para a criação dos aplicativos, sendo necessário apenas um comando de “clique e arraste” para inserir o item ao projeto. A figura 15 apresenta a tela com que o usuário irá se deparar ao iniciar um novo projeto.



**Figura 15.** Interface do MIT App Inventor.  
Fonte: Site do Google App Inventor<sup>9</sup>.

<sup>9</sup> Disponível em: <<http://ai2.appinventor.mit.edu/>>. Acesso em 07/12/2019 as 13:04.

### 3.2.2 Designer

É a tela inicial do projeto, onde o usuário irá definir o layout de seu aplicativo. Essa seção permite a escolha, personalização e colocação dos componentes necessários para o aplicativo na tela (botões, imagens, caixas de mensagem, etc). A tela designer é dividida em 4 colunas:

**1-Palette:** É uma paleta de itens que contém uma lista de componentes que podem ser utilizados no aplicativo e utiliza o estilo de organização Drop Down, ou seja, quando o usuário clica em um item abaixo por exemplo, o item superior irá se fechar.

- **User Interface:** componentes como botões, imagens, caixas de texto etc;
- **Layout:** componentes para alinhamento de outros componentes na tela do aplicativo;
- **Media:** componentes para acesso de som, vídeo, câmera, reconhecimento de voz e outros;
- **Drawing and Animation:** componentes para desenho e movimento dos elementos;
- **Sensors:** componentes para acesso de acelerômetro, GPS, clocks etc;
- **Social:** componentes para acesso de e-mail, lista de contatos do telefone, Twitter entre outros;
- **Storage:** componentes para banco de dados e arquivos;
- **Connectivity:** componentes para conexão com outros aplicativos, web ou Bluetooth;
- **LEGO® MINDSTORMS®:** componentes para conexão com LEGO robótico;

A figura 16 explicita esses componentes.



**Figura 16.** Opções da coluna de palette.  
Fonte: Site do Google App Inventor<sup>10</sup>.

**2-Viewer:** É o ambiente onde serão colocados os componentes com a disposição escolhida pelo usuário, de modo a formar o aspecto visual do aplicativo. Esta seção simula a tela de um smartphone, de um tablet ou um monitor, possibilitando ao usuário um monitoramento em tempo real do seu aplicativo.

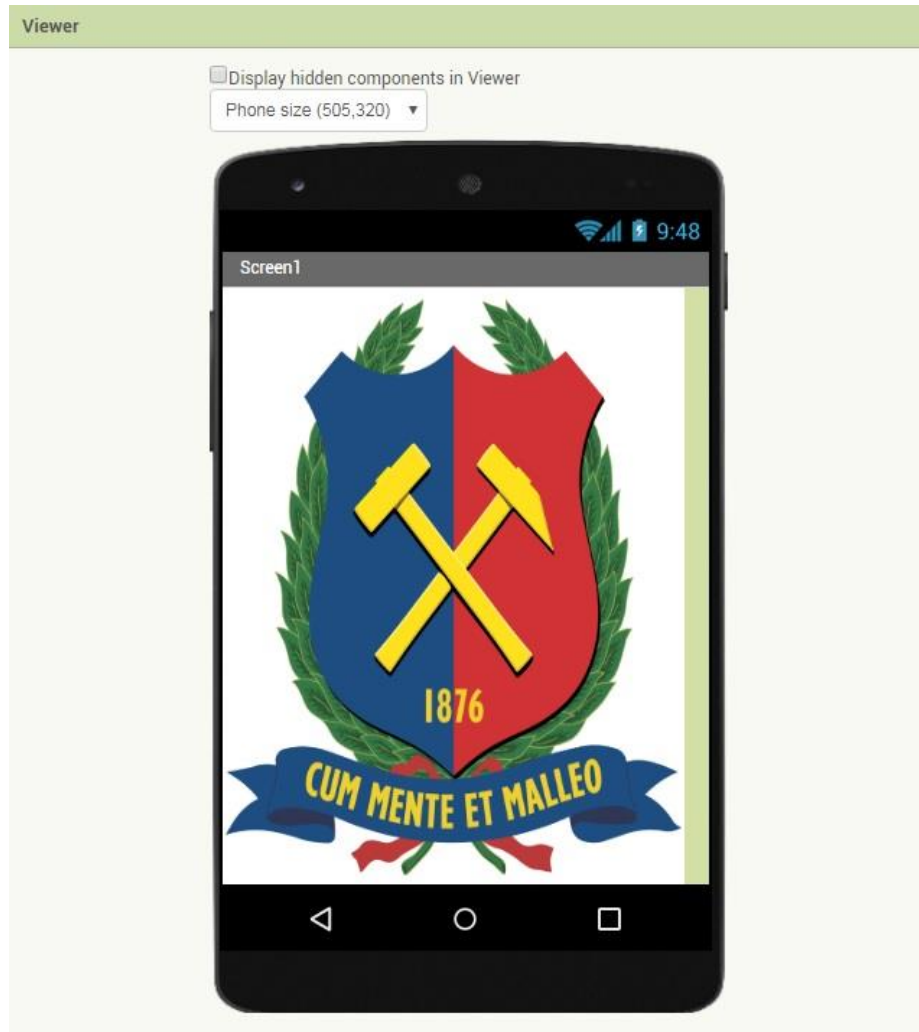
- Componentes visíveis são apresentados na própria tela do aplicativo (botões).
- Componentes invisíveis aparecem abaixo do escrito “Non-visible components” (reconhecimento de som).
- Para adicionar um componente, arraste-o da coluna “Palette” para a tela do aplicativo (Viewer).
- Ao selecionar um componente, suas propriedades são apresentadas a direita (Properties). É possível alterar essas propriedades, como cor por exemplo, de modo personalizado.

A figura 17 apresenta um exemplo da tela Viewer.

---

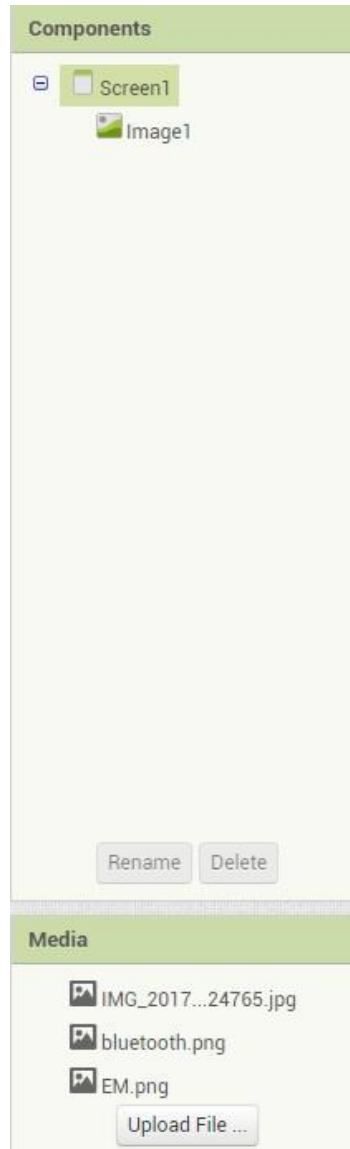
<sup>10</sup> Idem.





**Figura 17.** Exemplo da tela Viewer.  
Fonte: Elaborado pelo autor.

**3-Components:** nesta tela ficarão salvos os componentes que forem adicionados a tela Viewer, e estarão dispostos em forma de listas. Ao clicar em algum dos objetos adicionados suas propriedades irão aparecer na seção a direita (Properties). Também é possível renomear cada item e adicionar arquivos de mídia. Clicando no botão “Adicionar” (Add) pode-se importar sons, fotos e vídeos do seu dispositivo para o servidor do App Inventor, e eles ficam disponíveis para que você possa usar no projeto. A coluna dos componentes é apresentada pela figura 18.

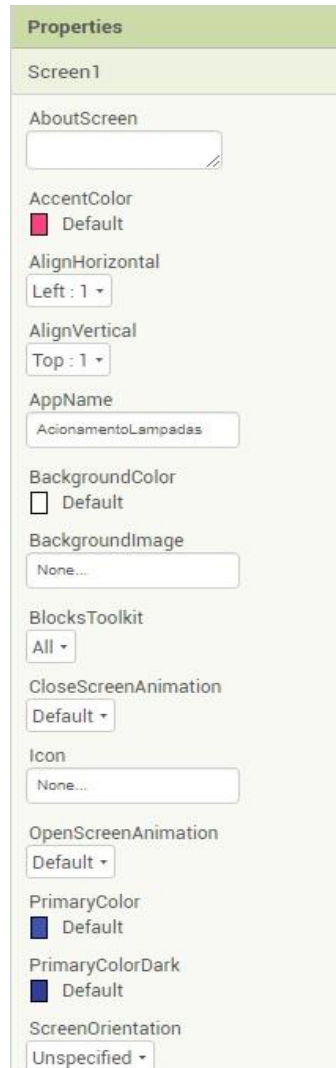


**Figura 18.** Coluna de componentes selecionados para Viewer.  
Fonte: Site do Google App Inventor<sup>11</sup>.

**4-Properties:** esta coluna apresenta as propriedades do item que foi selecionado, permitindo que o usuário modifique altura, largura, nome, texto nos botões, etc. Essas e muitas outras configurações são aplicadas instantaneamente na tela “Viewer”. A tela que representa esta coluna pode ser vista a figura 19.

---

<sup>11</sup> Idem.



**Figura 19.** Coluna das propriedades dos componentes selecionados.  
Fonte: Site do Google App Inventor<sup>12</sup>.

Após a montagem do layout do aplicativo é necessário atribuir as funções aos componentes que foram selecionados. Para isso é preciso clicar no botão “Blocks” que está localizado ao lado do botão “Designer” no canto superior direito da tela.

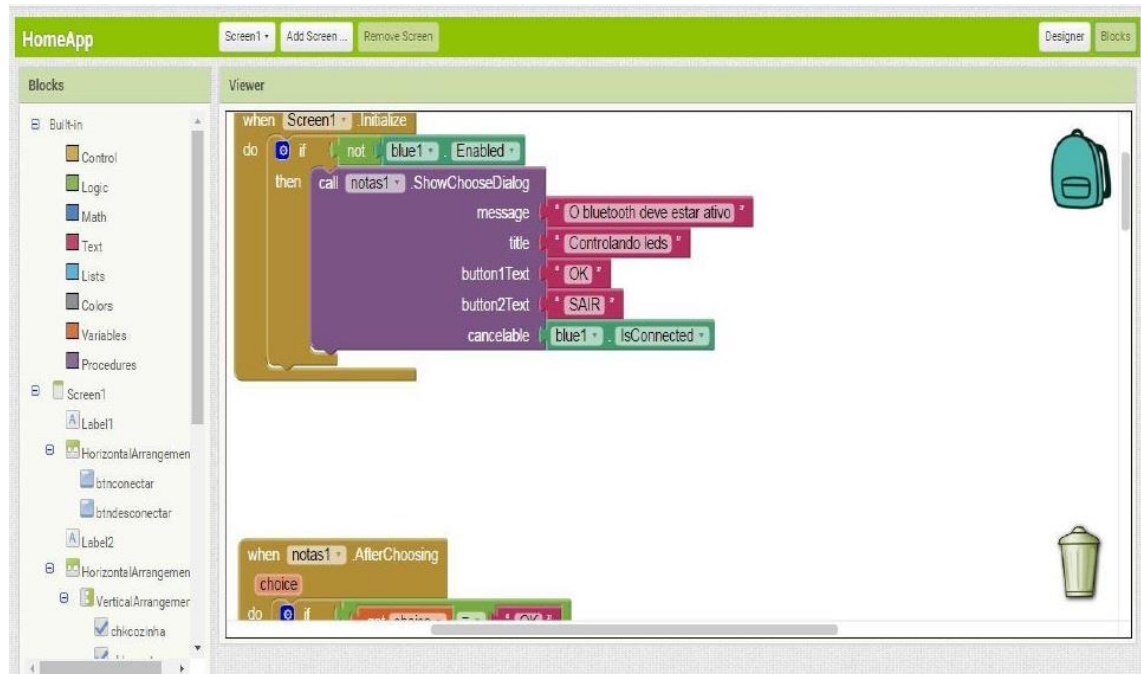
### 3.2.3 Blocks

Na seção “Blocks”, mostrada na figura 20, são definidas as funcionalidades do projeto. Nela são criados os blocos que irão gerar um programa que executará as funções definidas pelo usuário. São utilizados blocos de funções que são como peças de quebra-

---

<sup>12</sup> Idem.

cabeça onde apenas os compatíveis se encaixam, incluindo variáveis, textos, blocos lógicos, listas, funções matemáticas e outros.



**Figura 20.** Seção Blocks App Inventor.

Fonte: Automação residencial utilizando a plataforma de hardware livre Arduino.

Esta seção é dividida em duas colunas, “Blocks” e “Viewer”. A primeira possui alguns elementos que serão detalhados a seguir. Já a segunda tem a mesma função da tela de visualização na seção “Designer”.

**Built-in:** blocos gerais de programação.

- **Control:** blocos para controle (desvio condicional, loop, eventos);
- **Logic:** blocos lógicos (resultado sempre será verdadeiro ou falso);
- **Math:** blocos para matemática;
- **Text:** blocos para tratamento de texto (cortar texto, comparar texto);
- **Lists:** blocos para criação e manipulação de listas de elementos;
- **Colors:** blocos para cores;
- **Variables:** blocos para criação e manipulação das variáveis;
- **Procedures:** blocos para criação e manipulação das funções.

**Screen1:** lista os componentes do modo DESIGNER que estão na tela Screen1. Ao clicar em um deles é possível visualizar os blocos de programação disponíveis especificamente

para aquele componente. Ex: componente “button1” (botão1) tem um bloco para clique que só funcionará quando esse botão for clicado.

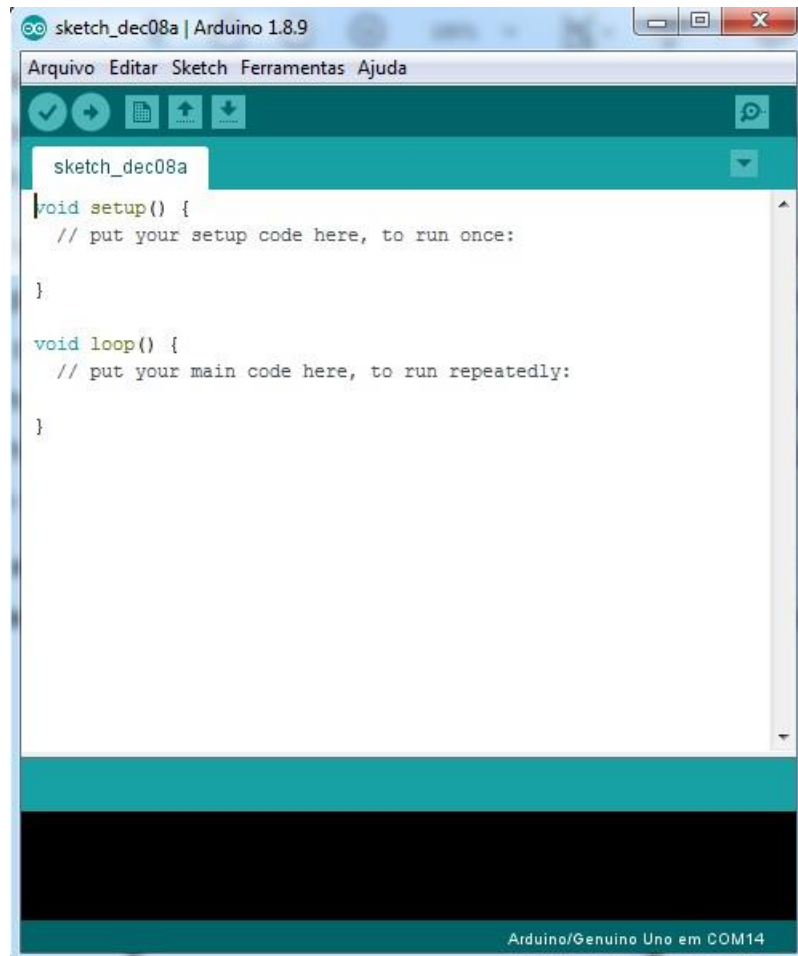
**Any component:** lista os componentes genéricos dos tipos utilizados na sua tela Screen1. Ao clicar em um deles é possível ver os blocos de programação disponíveis de modo geral para aquele tipo de componente.

**Media:** lista as mídias disponíveis no projeto.

### 3.3 IDE Arduino

A IDE Arduino foi desenvolvida em linguagem JAVA e é bastante intuitiva derivada do projeto Processing desenvolvido por Ben Fry e Casey Reas. Pode se comunicar com diversas linguagens de programação, através da conexão serial. Exemplos: Pyton, Pura Data, HTML, entre outras (Arduino, 2019).

Para que o Arduino possa executar as tarefas, ele precisa ser carregado com um código de programação através dessa IDE. Este *software* é um editor de texto que se conecta ao Arduino, verifica se o código não apresenta falhas, o compila e faz o *upload* a placa. A sintaxe da linguagem do Arduino é bem semelhante ao C/C++ e possui funções simples e específicas para trabalhar com as portas do hardware. São necessárias duas funções elementares para o seu funcionamento: `setup ()` e `loop ()`, representadas na figura 21 (JUNIOR, 2013).



**Figura 21.** Interface IDE Arduino.  
Fonte: Software IDE Arduino<sup>13</sup>.

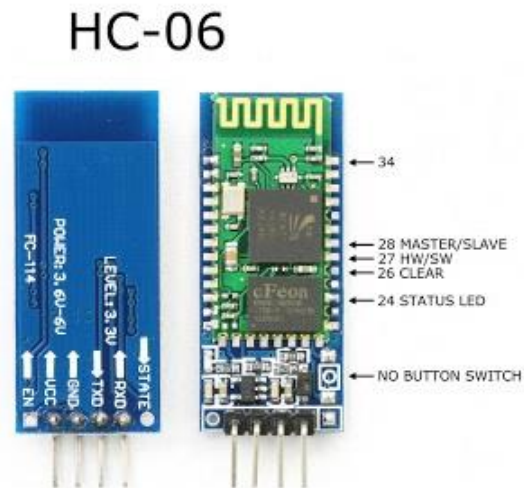
- `setup ()` – Função que é chamada no momento em que o programa se inicia. É usada para inicializar variáveis, definir entradas e saídas dos pinos, exibir bibliotecas e outras tarefas. É realizada uma única vez, no início do programa ou quando o mesmo é reiniciado.
- `loop ()` – Função que se repete continuamente permitindo que seu programa funcione dinamicamente. É utilizada para controle do hardware.

### 3.4 Módulo Bluetooth HC06

O dispositivo HC06 realiza a comunicação via wireless entre o Arduino e o dispositivo com o aplicativo instalado, via serial. Seu alcance é de aproximadamente 10

<sup>13</sup> Disponível em: <<https://www.arduino.cc/en/main/software>>. Acesso em 08/12/2019 às 21:43.

metros, seguindo o padrão de comunicação bluetooth, com potência de 2,5 miliwatts (mW) e modo de configuração escravo (slave), sendo este o único modo de trabalho possível de ser operado. Possui 4 pinos: GND e VCC para alimentação de 5V e RX e TX para transmissão, como pode ser observado na figura 22.



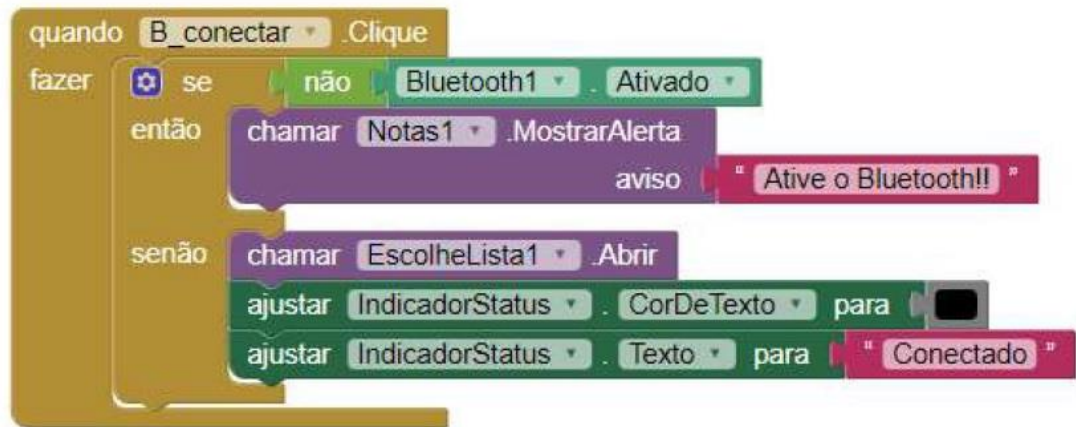
**Figura 22.** Módulo Bluetooth HC06.  
Fonte: Site SunSPec 5<sup>14</sup>.

Ao compartilhar, o módulo recebe o pacote de dados enviados pelo smartphone através do aplicativo que o repassa ao microcontrolador, e este por sua vez executa a ação programada.

A comunicação entre o módulo bluetooth e a plataforma Android é feita por meio da Android Bluetooth API. Essas APIs permitem a conexão sem fio de aplicativos a outros dispositivos bluetooth, permitindo recursos ponto a ponto e multiponto.

No MIT App Inventor toda a programação de texto para a comunicação já está incrementada nos blocos e o usuário precisa apenas montar o “quebra cabeça” na aba “Blocks” utilizando a opção da conexão bluetooth. Um exemplo dessa programação em blocos é demonstrada na figura 23.

<sup>14</sup> Disponível em: <<http://telemetry-sunspec5.blogspot.com/2016/10/transmission-lora.html>>. Acesso em 08/12/2019 às 23:27.



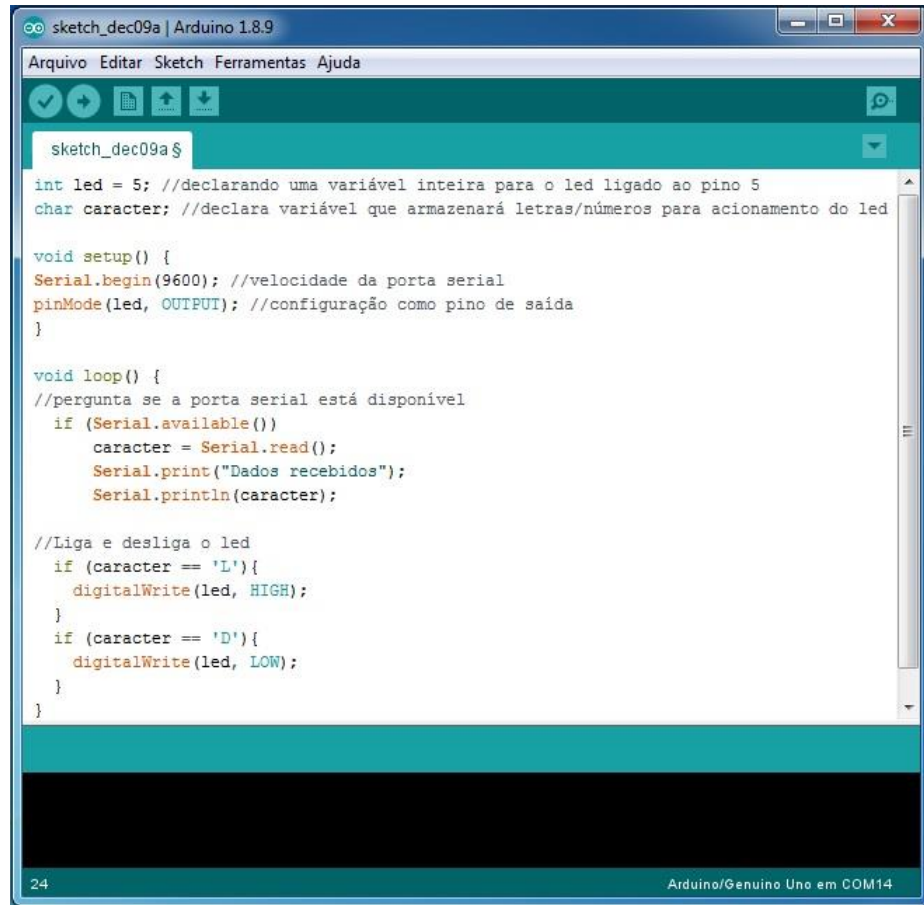
**Figura 23.** Exemplo de comunicação bluetooth pelo MIT App Inventor.

Fonte: Desenvolvimento de um sistema de controle de iluminação por meio de Arduino e plataforma Android.

Neste exemplo, é feita uma verificação quando o botão “B\_conectar” for acionado. Ao identificar o clique no botão, o programa verifica se o bluetooth do dispositivo não está ativado. Em caso de resposta verdadeira, um aviso “Ative o Bluetooth” surge na tela alertando o usuário, e em caso de resposta falsa, uma lista de redes bluetooth disponíveis é apresentada na tela do dispositivo. Após o usuário escolher a rede correta, o texto “IndicadorStatus” irá mudar para a cor preta e o novo texto “IndicadorStatus” será “Conectado”.

Já a conexão do módulo bluetooth com a plataforma Arduino é feita via comunicação serial e utiliza os pinos associados as portas de recepção/upload (RX) e transmissão/download (TX). Para isso é necessário apenas definir a taxa de transmissão de dados e inicia-la dentro da função “setup ()” como é exemplificado na figura 24. Tanto o aplicativo quanto o Arduino devem ser configurados com a mesma velocidade.





```

sketch_dec09a | Arduino 1.8.9
Arquivo Editar Sketch Ferramentas Ajuda

sketch_dec09a $

int led = 5; //declarando uma variável inteira para o led ligado ao pino 5
char caracter; //declara variável que armazenará letras/números para acionamento do led

void setup() {
  Serial.begin(9600); //velocidade da porta serial
  pinMode(led, OUTPUT); //configuração como pino de saída
}

void loop() {
  //pergunta se a porta serial está disponível
  if (Serial.available())
    caracter = Serial.read();
    Serial.print("Dados recebidos");
    Serial.println(caracter);

  //Liga e desliga o led
  if (caracter == 'L'){
    digitalWrite(led, HIGH);
  }
  if (caracter == 'D'){
    digitalWrite(led, LOW);
  }
}

24 Arduino/Genuino Uno em COM14

```

**Figura 24.** Exemplo de comunicação bluetooth pela IDE Arduino.

Fonte: Elaborado pelo autor.

No exemplo acima a velocidade da transferência de dados via serial é iniciada (“Serial.begin (9600)”) na função “setup ()”. Depois é feita a verificação de disponibilidade da porta serial, caso ela esteja disponível a variável “caracter” recebe o dado lido pela porta serial “Serial.read ()”. Se o “caracter” lido for “L” o led irá se acender, se for “D” irá se apagar.

### 3.5 Ethernet Shield

O Ethernet Shield é um componente que permite que o Arduino seja conectado à internet. Ele é baseado no chip WIZnet Ethernet W5100 que oferece acesso à rede (IP) nos protocolos TCP ou UDP. A biblioteca Ethernet é utilizada para escrever programas que se conectam a internet através deste componente. Este shield se conecta ao Arduino por barras de pinos empilháveis permitindo que o shield se encaixe por cima (figura 25). Há também um slot para cartões micro-SD que pode ser utilizado para armazenamento

de arquivos que estão na rede. A comunicação do Arduino com o W5100 ou com o cartão SD é feita utilizando o barramento Serial Peripheral Interface (SPI).



**Figura 25.** Shield Ethernet acoplado ao Arduino.  
Fonte: Site codeproject<sup>15</sup>.

Para que o Shield Ethernet possa se comunicar com algum dispositivo via wi-fi é necessário configurar o IP para que ele esteja na mesma base do roteador. A figura 26 apresenta um exemplo das configurações da rede. Usando o prompt de comando no Windows (no menu iniciar digite: cmd) insere-se o comando “ipconfig”, que irá permitir a visualização das configurações de rede. Neste exemplo o roteador utilizado pelo autor foi um TLMR3020.

```

Adaptador de Rede sem Fio Wi-Fi:

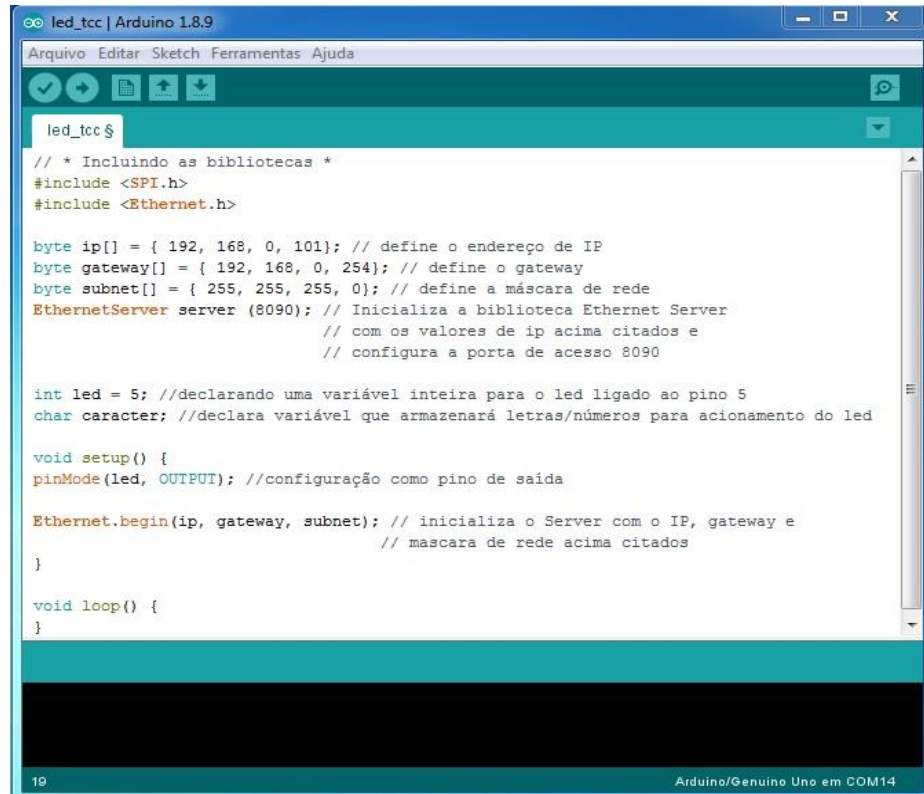
    Sufixo DNS específico de conexão. . . . . : 
    Endereço IPv6 de link local . . . . . : fe80::c820:24c9:98f2:161%3
    Endereço IPv4. . . . . : 192.168.0.101
    Máscara de Sub-rede . . . . . : 255.255.255.0
    Gateway Padrão. . . . . : 192.168.0.254
  
```

**Figura 26.** Configurações de rede.  
Fonte: Controle de iluminação e temperatura pela plataforma Arduino via celular.

Com essas informações é possível configurar o Shield Ethernet através da IDE Arduino. Inicialmente as bibliotecas são inseridas para fazer a comunicação do Shield Ethernet com o Arduino, sendo a biblioteca SPI a responsável pela comunicação via serial entre eles e a biblioteca Ethernet responsável pela comunicação com a internet. Devem

<sup>15</sup> Disponível em: <<https://www.codeproject.com/Articles/1188303/Simple-Arduino-web-server-with-ethernet-shield>>. Acesso em 10/12/2019 às 21:42.

ser inseridas antes da função “setup ()” e com a seguinte sintaxe: #include <SPI.h> e #include <Ethernet.h> respectivamente. A figura 27 exemplifica a inclusão das bibliotecas.



```
led_tcc $
// * Incluindo as bibliotecas *
#include <SPI.h>
#include <Ethernet.h>

byte ip[] = { 192, 168, 0, 101}; // define o endereço de IP
byte gateway[] = { 192, 168, 0, 254}; // define o gateway
byte subnet[] = { 255, 255, 255, 0}; // define a máscara de rede
EthernetServer server (8090); // Inicializa a biblioteca Ethernet Server
                                // com os valores de ip acima citados e
                                // configura a porta de acesso 8090

int led = 5; //declarando uma variável inteira para o led ligado ao pino 5
char character; //declara variável que armazenará letras/números para acionamento do led

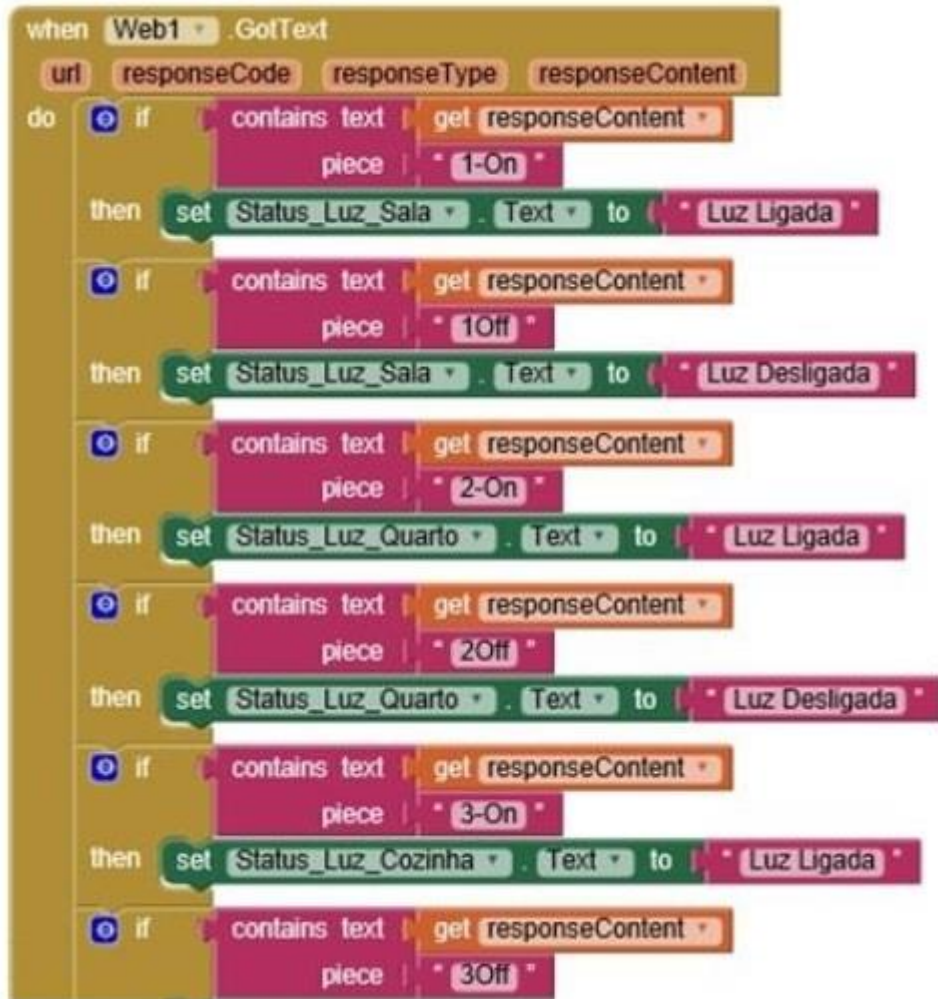
void setup() {
  pinMode(led, OUTPUT); //configuração como pino de saída

  Ethernet.begin(ip, gateway, subnet); // inicializa o Server com o IP, gateway e
                                        // mascara de rede acima citados
}

void loop() {
}
```

**Figura 27.** Biblioteca para comunicação serial e internet.  
Fonte: Elaborado pelo autor.

No MIT App Inventor, como mencionado anteriormente, o usuário não necessita de conhecimento de linguagem de programação e suas bibliotecas, pois já estarão inclusas nos blocos (“quebra cabeça”) que serão montados. Há somente necessidade de saber utilizar a lógica para definir as funções e como serão utilizadas (figura 28).



**Figura 28.** Exemplo de comunicação Wi-Fi pelo MIT App Inventor.  
 Fonte: Controle de iluminação e temperatura pela plataforma Arduino via celular.

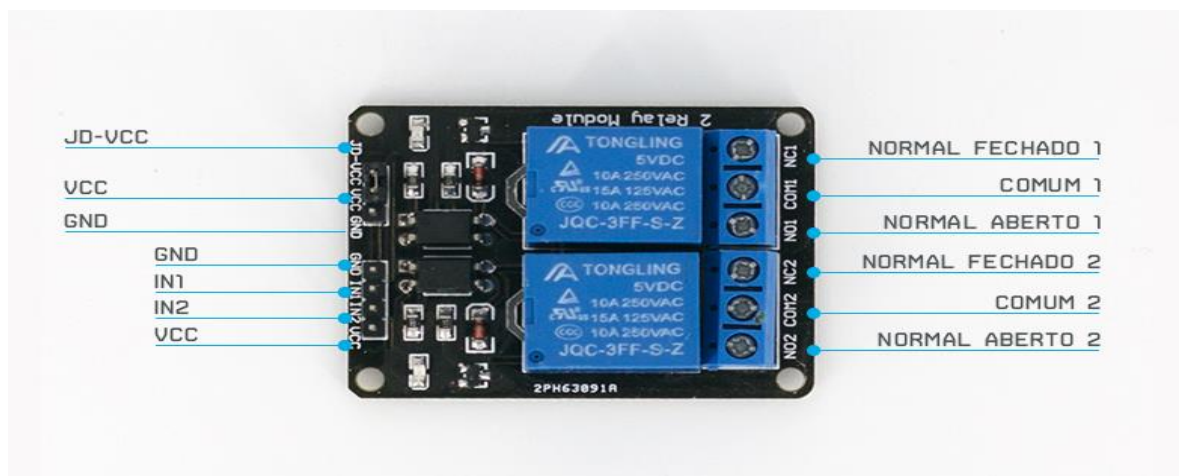
A conectividade CLOCK atualiza a página definida pelo “Web1”, que chama o IP definido no programa e por meio do método GET atualiza o STATUS. Pode-se observar que para cada acionamento realizado pelo usuário é utilizada a função “When”, responsável por definir a ação do botão. Por exemplo: quando for acionado o botão para ligar a luz da sala, definido pela tag “Btn\_On\_Sala”, o aplicativo irá utilizar a função Web1 para escrever, na barra de endereços, o comando configurado na programação referente ao acionamento da luz, esta ação é dada pela função “set web1.url”, e pelo método GET. Posteriormente o Arduino efetua a leitura dessa *string* e realiza o acionamento.

O aplicativo lê os dados da URL por meio da função “When.Web1.GotText”, que realiza uma instrução quando a URL recebe um texto. Em seguida, a função “if then” verifica se a próxima função contém o comando “1-On”, caso seja verdadeiro, o bloco “if then” efetua a ação, mudando o texto para luz ligada.

### 3.6 Módulo Relé

O relé é um dispositivo elétrico destinado a produzir modificações súbitas e predeterminadas em um ou mais circuitos elétricos de saída quando são obtidas determinadas condições no circuito de entrada, que controla o dispositivo.

Um módulo relé, demonstrado na figura 29, é um hardware ideal para realizar acionamentos de cargas que exijam até 10A de corrente, utilizando qualquer microcontrolador. Seu funcionamento é como de um interruptor (chave), liberando e interrompendo a passagem dos elétrons. O born de ligação apresenta 3 conexões: uma normalmente fechada (NF); outra normalmente aberta (NA) e uma terceira comum (C). Um contato NF é aquele que mantém a ligação fechada (com passagem de corrente) até que o relé seja energizado, o que faz com que os contatos se abram e interrompam a passagem da corrente elétrica. Já o contato NA é aquele que só permite a passagem de corrente elétrica quando o relé é energizado.



**Figura 29.** Módulo relé – 2 canais.  
Fonte: Site filipeflop<sup>16</sup>.

<sup>16</sup> Disponível em: < <https://www.filipeflop.com/blog/control-modulo-rele-arduino/> >. Acesso em 11/12/2019 às 16:50.

### 3.7 Lâmpadas inteligentes

As lâmpadas inteligentes chegaram para revolucionar o sistema de iluminação das residências. Esse tipo de lâmpada permite que o usuário controle a iluminação de sua residência através de um aplicativo do fabricante instalado em um tablet ou smartphone (IOS ou Android).

Recentemente, a Philips Lighting introduziu no mercado nacional a segunda geração da Philips Hue. O sistema utiliza conceitos de IoT (internet das coisas) e é uma tendência para o futuro. Ao invés de interruptores, a maioria desses dispositivos é controlada via Wi-Fi ou Bluetooth.

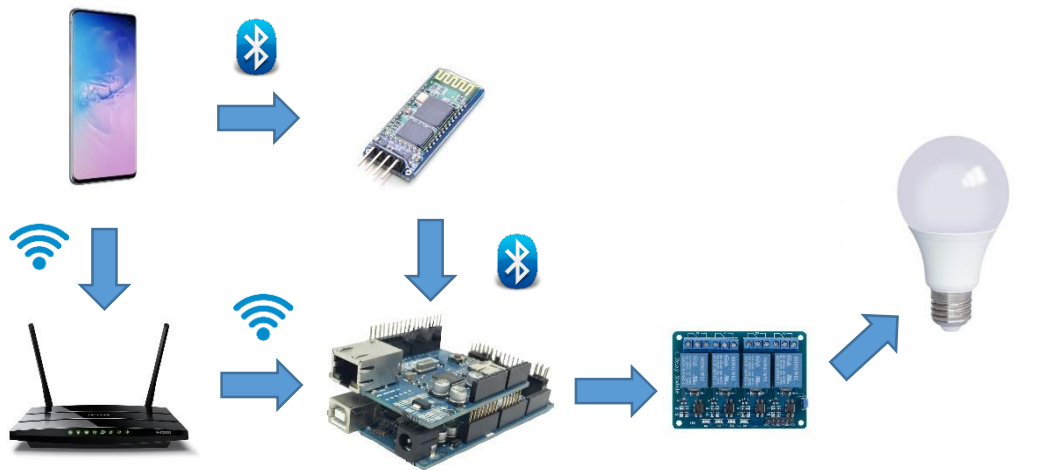
O pacote básico da Philips Hue inclui três lâmpadas que podem ser instaladas em soquetes comuns (E27) e um roteador. Após à instalação, o usuário deve sincronizar o aplicativo mobile com o hub, e este deve estar conectado a uma fonte de energia e ao seu roteador Wi-Fi. Feito isso, basta configurar o sistema de acordo com o número de lâmpadas disponíveis. O sistema utiliza o protocolo *Zigbee*, permitindo a conexão de até 50 lâmpadas em uma única ponte.

Além de um aplicativo próprio, a Philips Hue traz vários recursos compatíveis com outros serviços como o Apple Homekit, destacando-se:

- Despertador;
- Personalização;
- Sincronização;

### 3.8 Conectividade e comandos

Anteriormente foram abordados métodos que podem ser utilizados para que moradores de uma determinada residência possam controlar de modo ON/OFF (Liga/Desliga) as lâmpadas através de algum dispositivo com SO Android instalado. Para que o usuário seja capaz de realizar esse tipo de atividade é necessário um controlador que faz o gerenciamento do sistema e a conexão com outros elementos do circuito. A figura 30 representa um esquema de conectividade para uma casa automatizada.



**Figura 30.** Esquema de comunicação entre os dispositivos.  
Fonte: Elaborado pelo autor.

Neste caso, a função de controle é feita pelo Arduino, as conexões pelo módulo Bluetooth HC06 e o Shield Ethernet e a atuação pelo módulo relé.



## 4 Considerações Finais

Diante das informações descritas ao decorrer do trabalho, é possível concluir que são inúmeros os benefícios da utilização de fontes sustentáveis para a produção de energia elétrica. Entre eles, a redução de gases na atmosfera e os danos causados ao meio ambiente – tema amplamente debatido atualmente em âmbito global. Várias pesquisas continuam sendo feitas neste setor, buscando a produção de células solares com uma maior eficiência na transformação de energia solar em elétrica. Foram abordadas as vantagens de um sistema ligado à rede elétrica, sendo a redução de mais da metade no valor da tarifa, o tempo de retorno do investimento e o clima favorável - no caso do Brasil -, os principais fatores para aquisição deste sistema.

Outro setor em destaque no país é o de automação residencial, uma vez que os brasileiros buscam maior comodidade, acessibilidade e economia energética em suas residências. A automação de uma casa não segue um padrão, sendo assim cada usuário pode definir os dispositivos que serão adaptados e a forma como serão controlados. Para um controle ON/OFF de lâmpada da residência, através de redes sem fio como Wi-fi e Bluetooth não é necessário um alto investimento e nem mesmo um alto nível de conhecimento nas linguagens de programação, podendo o proprietário mesmo desenvolver um aplicativo para a comunicação com controlador. Ao decorrer deste trabalho foi possível ter um melhor entendimento sobre o Arduino e seus periféricos, além do MIT App Inventor para desenvolvimento de um aplicativo para SO Android. Ambos são plataformas open source que disponibilizam vários materiais online e são bastante utilizados em projetos com uma menor complexidade.

Os temas abordados, a princípio, podem não apresentar uma ligação direta, mas após análise é possível perceber que são sistemas que se instalados em conjunto irão gerar maior economia, conforto e comodidade para o proprietário da residência. Além de serem tecnologias sustentáveis, tema de extrema importância dentro do contexto ambiental mundial.



## 5 Referências Bibliográficas

ALMEIDA, Eliane et al. "Energia solar fotovoltaica: revisão bibliográfica", 2016.

ALVAREZ, Daniel F. S.; ANTUNES, Felipe I. "Automação residencial utilizando Bluetooth, Ethernet e Smartphone", 2015. Universidade Federal do Paraná – Departamentos Acadêmicos de Eletrônica e Mecânica.

ALVES, Ígor F. R. "Automação residencial com Arduino e Android: Casa Inteligente", 2014. Faculdade de Pindamonhangaba.

AMARAL, Guilherme S.; SILVA, Victor E. R. "Automação Residencial Utilizando a plataforma Arduino e dispositivos móveis", 2017. Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte.

BOSO, Ana C. M. R.; GABRIEL, C. P. C.; FILHO, Luís R. A. G. "Análise de custos dos Sistemas Fotovoltaicos On-Grid e Off-Grid no Brasil". Revista Científica ANAP Brasil, v. 8, n. 12, 2015.

BRITO, Miguel C.; SILVA, José A. "Energia Fotovoltaica: conversão da energia solar em eletricidade". Revista O instalador, 2006.

BUENO, Guilherme N. M. "Controle de iluminação e temperatura pela plataforma Arduino via celular", 2015. Universidade Tecnológica do Paraná – Departamento de Eletrônica Automação Industrial.

CAMPOS, Roberto A. F. "Automação residencial utilizando Arduino e aplicação Web", 2014. Centro Universitário de Brasília – Faculdade de Tecnologia e Ciências Sociais Aplicadas.

DIENSTMANN, Gustavo. "Energia solar: uma comparação de tecnologias", 2009. Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Escola de Engenharia – Departamento de Engenharia Elétrica.

FREITAS, Wglierber, S. "Automação residencial utilizando a plataforma de software livre Arduino", 2016. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - Departamento de Ciências Exatas e Tecnológicas.

Guia de Instalação de Energia Solar. Disponível em: [https://cafecomenergia.com.br/?gclid=CjwKCAiA5o3vBRBUEiwA9PVzatfl1Y97NRjYc0N8r2ezLV76kNYFadwLgEPWPZh5Eac-DBBypb7nCRoCEhsQAvD\\_BwE&ref=H12540149R](https://cafecomenergia.com.br/?gclid=CjwKCAiA5o3vBRBUEiwA9PVzatfl1Y97NRjYc0N8r2ezLV76kNYFadwLgEPWPZh5Eac-DBBypb7nCRoCEhsQAvD_BwE&ref=H12540149R). Acesso em 02/12/2019 às 12:23

<http://www.ieee.org.br/wpcontent/uploads/2014/05/energia-solar-fotovoltaica-terceira-geracao.pdf>. Acesso em: 02/10/2019 às 22:39.

<https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>. Acesso em: 27/11/2019 às 20:47

[https://www.ccee.org.br/portal/faces/pages\\_publico/onde-atuamos/fontes?\\_adf.ctrl-state=6hhys2yz6\\_1&\\_afLoop=1773125393267440#!%40%40%3F\\_afLoop%3D1773125393267440%26\\_adf.ctrl-state%3D6hhys2yz6\\_5](https://www.ccee.org.br/portal/faces/pages_publico/onde-atuamos/fontes?_adf.ctrl-state=6hhys2yz6_1&_afLoop=1773125393267440#!%40%40%3F_afLoop%3D1773125393267440%26_adf.ctrl-state%3D6hhys2yz6_5). Acesso em: 22/09/2019 às 22:23.

[https://www.economiaemdia.com.br/EconomiaEmDia/pdf/infset\\_energia\\_eletrica.pdf](https://www.economiaemdia.com.br/EconomiaEmDia/pdf/infset_energia_eletrica.pdf). Acesso em: 22/09/2019 às 22:19. Página 72.

<https://www.neosolar.com.br/aprenda/saiba-mais/sistemas-de-energia-solar-fotovoltaica-e-seus-componentes>. Acessado 30/09/2019 às 23:19.

<https://www.neosolar.com.br/aprenda/saiba-mais/sistemas-de-energia-solar-fotovoltaica-e-seus-componentes>. Acesso em: 02/10/2019 às 22:35.

<https://www.portalsolar.com.br/quanto-custa-a-energia-solar-fotovoltaica.html>. Acesso em 01/10/2019 às 00:13.

IEEE - Instituto de engenheiros eletricitas e eletrônicos. Energia solar fotovoltaica de terceira geração, 2014.

JUNIOR, Pedro V. P. F. “Projeto doméstico para ambientes inteligentes baseado nas tecnologias Arduino e Google Android”, 2013. Fundação Educacional do Município de Assis – Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis.

LIMA, Emanuel M. S.; NOBRE, Antônio Y. M.; ALENCAR, Rômulo A. E. “Automação residencial de baixo custo com Arduino Mega e Ethernet Shield”, 2015. Centro Universitário Estácio do Ceará.

MACHADO, C.T.; MIRANDA, F.S. “Energia Solar Fotovoltaica: Uma Breve Revisão”. Revista Virtual de Química, 2014.

NOGUEIRA, Hugo S. “Desenvolvimento de um sistema de controle de iluminação por meio de Arduino e plataforma Android”, 2018. Universidade Federal de Ouro Preto – Escola de Minas – Departamento de Engenharia de Controle e Automação e Técnicas Fundamentais.

RAMOS, Amanda L. C.; DOS SANTOS, José E. L. “Sistema integrado de automação residencial com comunicação sem fio”, 2015. Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Curitiba – Departamento Acadêmico de Eletrotécnica.

RODRIGUES, Alysson M. “Domótica: Controle e monitoramento dos equipamentos com utilização do Arduino e Tablets”, 2016. Universidade Federal de Ouro Preto – Escola de Minas – Departamento de Engenharia de Controle e Automação e Técnicas Fundamentais.

RUPPEL, Alexandre; UNRUH, Fábio; UNRUH, Ricardo H. “Protótipo de um sistema de iluminação residencial com controle remoto sem fio – Wi-Fi”, 2013. Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Departamento Acadêmico de Eletrotécnica – Departamento Acadêmico de Eletrônica.

SILVA, Filipe B.; DOS SANTOS, Franck W. F. “Automação residencial utilizando Arduino e Android”, 2016. Instituto Federal de Educação – Ciência e Tecnologia de Minas Gerais.

SILVEIRA, Sandro M.; GONÇALVES, Thadeu S. S. “Automação residencial utilizando Arduino e SO Android”, 2016. Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro – Centro de Ciências Exatas e Tecnologia – Escola de Informática Aplicada.

SOUZA, João P. S. “Controle de iluminação inteligente de baixa potência por meio de dispositivos com sistema operacional Android”, 2016. Universidade Federal de Ouro Preto – Escola de Minas – Departamento de Engenharia de Controle e Automação e Técnicas Fundamentais.

SOUZA, Thais M.; FERREIRA, Maria E.M. “Desafios da Energia Fotovoltaica e ações de sustentabilidade para o programa habitacional “Minha Casa, Minha Vida””. BIOFIX Scientific Journal, v.4, n.1, p. 64-69, 2019.

<https://www.showmetech.com.br/conheca-o-funcionamento-de-uma-lampada-philips-hue/>. Acesso em 19/12/2019 às 22:21.

<https://www.leak.pt/lampadas-inteligentes-que-funcionam-diretamente-com-o-google-home/>. Acesso em 19/12/2019 às 22:16.