



Marivan Andre Perkoski
Viviane Gresele Viana

**DISPOSITIVO PARA MONITORAMENTO DE VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS
EM ÁREAS AGRÍCOLAS**

Horizontina - RS
2021

Marivan Andre Perkoski

Viviane Gresele Viana

**DISPOSITIVO PARA MONITORAMENTO DE VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS
EM ÁREAS AGRÍCOLAS**

Trabalho Final de Curso apresentado como requisito parcial para a obtenção do título de bacharel em Engenharia Mecânica na Faculdade Horizontina, sob a orientação do Professor Dr. Geovane Webler

Horizontina - RS

2021

**FAHOR - FACULDADE HORIZONTINA
CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova o trabalho final de curso

**“Dispositivo para Monitoramento de Variáveis Meteorológicas em Áreas
Agrícolas”**

Elaborada por:

Marivan Andre Perkoski

Viviane Gresele Viana

Como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em
Engenharia Mecânica

Aprovado em:

Pela Comissão Examinadora

Geovane Webler, Dr.

Presidente da Comissão Examinadora - Orientador

Titulação. Nome do Examinador Interno

FAHOR – Faculdade Horizontina

Titulação. Nome do Examinador Interno

FAHOR – Faculdade Horizontina

Horizontina - RS

2021

Com muito carinho, aos pais, Neli, Nilo, Marilene e Vanderlei, que sempre acreditaram e nos incentivaram, que nunca mediram esforços para nos ajudar e apoiar. Vocês são nossa base, motivação e inspiração para seguirmos firmes em busca da realização dos nossos sonhos.

AGRADECIMENTO

Primeiramente agradecemos a Deus pelo dom da vida.

Aos nossos pais pela educação, dedicação, carinho e apoio.

Aos professores que ao longo da graduação nos transmitiram conhecimento, em especial ao professor Geovane Webler, pela dedicação, orientação e toda ajuda prestada.

A família Fundação Capacitar por acreditar em nossos sonhos e sempre nos motivar, em especial as mentoras Cassieli Pauli e Neiva Klassen que nos acompanharam na vida acadêmica e sempre nos deram excelentes orientações.

Aos amigos e colegas que de alguma forma compartilharam momentos e nos auxiliaram durante o período acadêmico.

Muito obrigado!

“A verdadeira motivação não é aquilo que te anima,
mas aquilo que te transforma.”

Bárbara Coré

RESUMO

No presente trabalho foi desenvolvido um dispositivo para monitoramento das variáveis meteorológicas, tendo como fonte de energia um painel fotovoltaico e que através da plataforma Arduino é capaz de transmitir dados referente às condições do tempo para uma página na web, onde o objetivo é auxiliar no monitoramento das áreas agrícolas, para uma maior efetivação nas operações, principalmente na aplicação de defensivos ou fungicidas. A parte inicial do trabalho é composta pelos principais conceitos que precisam ser compreendidos para entender o dispositivo bem como a sua aplicação. Na sequência temos a metodologia, onde apresenta-se o material utilizado para construção do dispositivo, bem como um esquema com as etapas seguidas, essas que são apresentadas nos resultados e na mesma sequência demonstram o passo a passo do desenvolvimento do mesmo. Considerando o desenvolvimento do agronegócio, o trabalho apresenta um modelo de estação que pode ser instalada em qualquer área, auxiliando o operador a monitorar as condições climáticas. Visto que com as informações buscadas e os conhecimentos adquiridos para o desenvolvimento efetivo do dispositivo com a programação em Arduino, pode-se concluir que os objetivos do trabalho foram alcançados, foi possível construir o modelo da estação, capaz de coletar e transmitir dados através da programação e torna-la independente utilizando um painel fotovoltaico, podendo demonstrar que o projeto tem viabilidade operacional e pode auxiliar o setor agropecuário.

Palavras-chave: Monitoramento. Variáveis Meteorológicas. Arduino.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Esquema de uma célula fotovoltaica.....	24
Figura 2 – Funcionamento da instalação Residencial do sistema Fotovoltaico.....	25
Figura 3 – Exposição média de irradiação solar anual (kWh/m ² ano) incidente na superfície do solo brasileiro, com inclinação igual à latitude do local.....	27
Figura 4 – Exposição média de irradiação solar anual (kWh/m ² ano) incidente na superfície do solo brasileiro, com inclinação igual à latitude do local.....	28
Figura 5 – Placa Arduino Uno R3.....	31
Figura 6 – Esquema eletroquímico na descarga.....	33
Figura 7 – Esquema eletroquímico na carga.....	34
Figura 8 – Passos seguidos pelos acadêmicos para o desenvolvimento do projeto.....	36
Figura 9 – Esboço inicial do Dispositivo.....	39
Figura 10 – Placa Arduino R3.....	41
Figura 11 – Sensor DHT11 - sensor de temperatura e umidade relativa do ar.....	42
Figura 12 – Sensor ML8511 - sensor de luz ultravioleta.....	42
Figura 13 – Sensor de Umidade do Solo - Higrômetro para Arduino.....	43
Figura 14 – Cabos Wire Jumper Fêmea-macho Protoboard Arduino.....	44
Figura 15 – Cabo USB 2.0 compatível com Arduino/Impressora.....	45
Figura 16 – Mini painel Fotovoltaico (placa solar) 12v, 3w.....	46
Figura 17 – Baterias de lítio 3,7V 6800mah.....	47
Figura 18 – Suporte para bateria de Lítio 3,7V.....	48
Figura 19 – Carregador solar de Baterias Lítio Tp4056 5v 1h.....	49
Figura 20 – ESP01 e adaptador.....	50
Figura 21 – Caixa De Passagem Sobrepor Elétrica 11x15x7 Bc Transparente.....	51
Figura 22 – Software Arduino.....	53
Figura 23 – Sistema de Geração de Energia e Alimentação.....	54
Figura 24 – Ferramenta ArduSpreadsheet.....	55
Figura 25 – Dashboard - umidade relativa do ar e temperatura.....	56
Figura 26 – Dashboard - umidade do solo.....	57
Figura 27 – Dashboard - radiação UV.....	57
Figura 28 – Imagem da união dos três sensores com a placa Arduino.....	58
Figura 29 – Esquema eletrônico da união dos três sensores com a placa Arduino.....	59
Figura 30 – Imagem Montagem completa do sistema de monitoramento.....	60

Figura 31 – Esquema de Montagem completa do sistema de monitoramento.....	61
Figura 32 – Dispositivo Montagem Final	62
Figura 33 – Dados Meteorológicos apresentados na página da web.....	64

LISTA DE ABREVIATURAS E/OU SIGLAS

ANEEL - Agência de Energia Elétrica

ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária

CEMETRS -Centro Estadual de Meteorologia do Rio Grande do Sul

CNA - Confederação Nacional de Agricultura

CPTEC - Centro de Previsões do Tempo e Estudos do Clima

Dashboard - organizador de dados

El Niño/La Niña - corresponde ao aquecimento e resfriamento das águas do Oceano Pacífico, eventos climáticos

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

GND - sigla para "filtro graduado de densidade neutra"

GW - gigawatt

IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis

INCA - Instituto Nacional do Câncer

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

kWh - Quilowatt-hora

kWh/m³ - Quilowatt-hora por metro cúbico

LED, em inglês é *light-emitting diode*, é usado para a emissão de luz em locais e instrumentos

Mw - Megawatt

New York Times - jornal diário estadunidense

OIT - Organização Internacional do Trabalho

OMM - Organização Meteorológica Mundial

Photo - foto

Si - Silício

Software - conjunto de instruções que devem ser seguidas e executadas por um mecanismo, seja ele um computador ou um aparelho eletromecânico

USB - abreviatura de *Universal Serial Bus* (cabos)

Wi-fi - abreviação da expressão "*wireless fidelity*", que ao traduzir significa fidelidade sem fio

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
1.1	TEMA	11
1.2	DELIMITAÇÃO DO TEMA	12
1.3	PROBLEMA DE PESQUISA	12
1.4	HIPÓTESES	12
1.5	OBJETIVOS	13
1.5.1	Objetivo Geral	13
1.5.2	Objetivos Específicos	13
1.6	JUSTIFICATIVA	13
2	REFERENCIAL TEÓRICO	15
2.1	METEOROLOGIA E MONITORAMENTO DA ATIVIDADE AGROPECUÁRIA	15
2.1.1	Desenvolvimento da Meteorologia Brasileira	15
2.1.2	Meteorologia e Monitoramento Agrícola	17
2.1.3	Pulverização	19
2.2	ENERGIA SOLAR/FOTOVOLTAICA	22
2.2.1	História	22
2.2.2	Funcionamento dos Painéis Solares	23
2.2.3	Energia Solar e seu potencial no Brasil e no mundo	25
2.3	INSTRUMENTAÇÃO	29
2.3.1	Plataforma de Prototipagem Arduino	29
2.3.2	Sensores	32
2.3.3	Baterias	32
3	METODOLOGIA	35
3.1	CLASSIFICAÇÃO QUANTO À METODOLOGIA APLICADA	35
3.2	PROCEDIMENTOS DEFINIDO PARA O PROJETO	35
3.3	MATERIAIS E EQUIPAMENTOS	38
4	APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	39
4.1	ESBOÇO DO DISPOSITIVO	39
4.2	INSTRUMENTAÇÃO	40
4.2.1	Placa Arduino	40
4.2.2	Sensores e Cabos	41
4.2.3	Sistema de Carga e Recarga	45
4.3	COMPRA DOS MATERIAIS	51
4.4	ESTUDO DO SOFTWARE (PROGRAMAÇÃO)	52
4.5	PROGRAMAÇÃO E TESTE INDIVIDUAL DOS SENSORES	53
4.6	TESTE DE RECARGA DAS BATERIAS E ALIMENTAÇÃO DO SISTEMA	54
4.7	OBTENÇÃO, TRATAMENTO E ANÁLISE DE DADOS DOS SENSORES	55
4.8	MONTAGEM DO DISPOSITIVO	58
4.9	PROGRAMAÇÃO DO DISPOSITIVO	62
4.10	ANÁLISE DOS RESULTADOS	63
4.11	PRÓXIMOS PASSOS	64
	CONCLUSÃO	66
	REFERÊNCIAS	68

1 INTRODUÇÃO

O objetivo do trabalho é desenvolver um dispositivo de monitoramento, que pode ser caracterizado como uma estação meteorológica e que seja capaz de, utilizando a plataforma Arduino e seus sensores compatíveis, coletar dados e transmiti-los para uma página na web. As variáveis definidas e cujo os dados serão coletados são referentes a umidade do ar, umidade do solo, radiação solar e temperatura. Para possibilitar que o dispositivo possa ser instalado em locais distantes será utilizado como gerador de energia, uma placa fotovoltaica.

O dispositivo de monitoramento de variáveis vem com a necessidade de monitorar as áreas agrícolas da melhor forma possível, uma vez que tanto no plantio, como na colheita as condições do tempo tendem a influenciar. Além dessas duas etapas, a proposta do presente trabalho está relacionada mais a aplicação de defensivos e fungicidas, esses que são impactados diretamente dependendo das condições do tempo e que apesar de serem altamente prejudiciais ao meio ambiente são indispensáveis na atividade agrícola.

O agronegócio brasileiro tem se tornado crucial e extremamente importante no crescimento econômico do país. O dado apresentado no ano de 2019 mostra que os bens e serviços gerados pelo agronegócio, chegaram a R\$1,55 trilhão, o que representa 21,4% do PIB brasileiro. Dentre os segmentos, a maior parcela vem do ramo agrícola, que corresponde a 68% dessa contribuição ou R\$1,06 trilhão, por segundo, temos a pecuária que corresponde a 32% o que chega a R\$494,8 bilhões de contribuição (CNA, 2021).

Com essa base, e pensando que os avanços tecnológicos precisam contribuir para um maior crescimento do agronegócio brasileiro, a estação além de auxiliar na tomada de decisões para as operações permite que o operador realize seu monitoramento de longa distância, reduzindo custos com deslocamentos e tempo, já que as informações são apresentadas em tempo real.

1.1 TEMA

Desenvolvimento de um dispositivo para monitoramento das variáveis meteorológicas, utilizando a plataforma Arduino e energia fotovoltaica para aplicação no agronegócio.

1.2 DELIMITAÇÃO DO TEMA

O presente trabalho delimita-se ao desenvolvimento de um dispositivo de monitoramento de variáveis meteorológicas. Ele é independente, pois possui como fonte de energia, uma placa solar. Isso possibilita a instalação em áreas distantes permitindo que através da plataforma Arduino, seja possível monitorar e coletar dados referente a umidade do ar, umidade do solo, radiação solar e temperatura, essas que interferem diretamente na agricultura, principalmente no processo de pulverização.

1.3 PROBLEMA DE PESQUISA

O presente trabalho busca apresentar uma alternativa para o monitoramento das condições do tempo nas atividades agropecuárias, tanto na produção de grãos e pastagens como em outros cultivos, que podem ser distantes da propriedade ou grandes áreas, e que assim demandam tempo e custo para o deslocamento.

O monitoramento adequado é definitivo nas operações realizadas para cuidar da determinada cultura, aumentando a assertividade dos processos de plantio e manejo e, conseqüentemente, tendo uma maior eficiência, principalmente quando se diz respeito à pulverização. Com o crescimento da atividade agropecuária brasileira, a demanda por soluções tende a aumentar. A falta do monitoramento referente às condições climáticas sobre umidade do ar, umidade do solo, temperatura ambiente e radiação solar reflete diretamente nos custos e nos lucros da produção, sendo o segundo consequência do primeiro.

Com base na importância do monitoramento das condições do tempo que estão ligadas diretamente aos resultados da produção, busca-se a resposta para o seguinte questionamento para o problema da pesquisa: é possível desenvolver um dispositivo para monitoramento utilizando a plataforma Arduino e sensores compatíveis para transmitir os dados das condições do tempo a distância para um notebook?

1.4 HIPÓTESES

As hipóteses que serão avaliadas ao final do trabalho são:

- a) É possível construir um sistema que forneça energia para um dispositivo de monitoramento de variáveis meteorológicas e vegetais em áreas remotas;
- b) O uso da energia solar para a estação meteorológica, permite que a mesma seja independente, ou seja, ao utilizar a energia fotovoltaica para essa

instalação o mesmo não depende de cabos ou outra forma de energia para receber ou transmitir dados;

- c) A plataforma Arduino será capaz de coletar os dados das variáveis escolhidas e em conexão transmiti-las para uma página da web a fim de serem acompanhadas em longas distâncias e com atualizações constantes.

1.5 OBJETIVOS

1.5.1 Objetivo Geral

Analisar e desenvolver um dispositivo de monitoramento, capaz de coletar dados do solo e clima usando como fonte de energia o sol e sendo capaz de transmitir os dados para uma página da web em tempo real, melhorando e proporcionando um monitoramento a longas distâncias. Com este sistema será possível tomar decisões mais precisas assim como obter retorno financeiro uma vez que não será necessário se deslocar para áreas distantes para analisar, além de obter assertividade podendo aumentar a produção.

1.5.2 Objetivos Específicos

- a) Oferecer um dispositivo capaz de auxiliar na tomada de decisão do produtor rural;
- b) Utilizar a plataforma Arduino e os seus sensores compatíveis para a coleta e transmissão de dados;
- c) Utilizar como gerador de energia, uma placa fotovoltaica;
- d) Construir o modelo do dispositivo de monitoramento;
- e) Testar o dispositivo e analisar os resultados;
- f) Analisar a viabilidade operacional do projeto.

1.6 JUSTIFICATIVA

O monitoramento das condições do tempo para as atividades agropecuárias deve apresentar resultados proporcionando uma maior assertividade nas operações. Tanto na planta como na colheita e principalmente na aplicação de defensivos e fungicidas é de extrema importância saber as condições climáticas no determinado momento.

Nesse sentido a plataforma Arduino será utilizada para junto com seus sensores compatíveis transmitir os dados para serem monitorados em um notebook. Sua fonte de energia será baterias que são carregadas através de uma placa solar. Este dispositivo será capaz de apresentar quatro variáveis das condições do tempo, são elas: umidade do ar, umidade do solo, temperatura e radiação.

Este projeto de final de curso, voltado para o agronegócio, busca apresentar um dispositivo de monitoramento independente, tendo como fonte energia renovável do sol, que venha a auxiliar o produtor na análise do momento ideal para realizar determinada operação da sua determinada cultura.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 METEOROLOGIA E MONITORAMENTO DA ATIVIDADE AGROPECUÁRIA

2.1.1 Desenvolvimento da Meteorologia Brasileira

Segundo AYOADE (1996), as observações meteorológicas e seus elementos são executados em locais que são conhecidos como estações meteorológicas. Foi no ano de 1950 na Europa e nos Estados Unidos que a meteorologia operacional começou a ser redefinida, a partir das previsões do tempo que se utilizavam de métodos numéricos. Com o avanço da computação, os dados referentes às previsões do tempo foram mais facilmente sendo compartilhados através do aumento da extensão das redes, assim como os métodos numéricos foram avançando (MIGUEL; ESCADA; MONTEIRO, 2016).

Sabe-se que a previsão do tempo tem se tornado um grande estímulo para os estudos relacionados ao clima e ao tempo. O desejo se alia à necessidade desse conhecimento, visto que a grande maioria das atividades do homem são influenciadas pelas condições do tempo. Cada região possui suas características atmosféricas (AYOADE, 1996).

No Rio Grande do Sul, os serviços operacionais de meteorologia para a agricultura, tiveram início em 1956, quando se criou o Serviço de Ecologia Agrícola na Secretaria da Agricultura/RS. Nos dias atuais o Centro Estadual de Meteorologia do Rio Grande do Sul (CEMETRS) está inserido dentro da Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária, vinculada à Secretaria da Agricultura e Pecuária. Foi com a criação desse centro de acompanhamento que se iniciou a implantação de redes de estações agrometeorológicas, quando foram instaladas as primeiras estações do CemetrRS (RADIN E MATZENUER, 2016).

As estações instaladas realizavam medições e registros de vários elementos meteorológicos, como por exemplo: “precipitação pluvial, temperatura do ar e do solo (gramado e descoberto ou desnudo), umidade relativa do ar, insolação, radiação solar global, evaporação de tanque classe A” bem como a direção e velocidade do vento. Os registros eram realizados através de equipamentos mecânicos, os quais faziam a leitura continuamente, as informações ficavam registradas em gráficos e outras eram coletadas por “observadores meteorológicos” os quais faziam leituras em três horários

do dia, de acordo com as normas da OMM (Organização Meteorológica Mundial) (RADIN E METZENAUER, 2016).

Nas décadas de 1970 e 1980, essa rede foi considerada como pioneira e uma das melhores do País, para os estudos agrometeorológicos e agroclimáticos. Várias dessas estações vão operar por mais de 40 anos. Conforme os observadores foram se aposentando e as condições de manutenção dos equipamentos diminuía, muitas dessas estações foram aos poucos sendo fechadas, a partir de 2005, deu-se início a instalação da rede de estações meteorológicas automáticas, que ainda é abaixo do número necessário para monitoramento do estado (RADIN E METZENAUER, 2016).

Em 1970, meteorologistas e climatologistas do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) realizaram doutorado nos Estados Unidos. Até no início dos anos 1990 as previsões fornecidas pelo INPE e pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) eram produzidas através de métodos estatísticos. Entretanto com o conhecimento adquirido pelos meteorologistas e climatologistas brasileiro, no ano de 1980, no Brasil, foi criado o Centro de Previsões do Tempo e Estudos do Clima (CPTEC) no Instituto Nacional de Pesquisa Espaciais (INPE), com exemplo nos centros europeus e americanos, o centro surgiu com a proposta de fortalecer a ciência nacional bem como dependência dos países desenvolvidos. Inaugurada em 1994, a CPTEC é considerada um dos centros mais importantes da América Latina pela Organização Meteorológica Mundial (MIGUEL; ESCADA; MONTEIRO, 2016).

Nos anos de 1970 as atenções do governo brasileiro bem como do monitoramento estavam direcionadas ao tempo e clima que causava impactos de chuvas intensas e geadas nas regiões Sul e Sudeste do país e também referente a seca na região Nordeste. Essas previsões eram de grande interesse dos governos federal e estadual, uma vez que esses riscos poderiam ser monitorados nessas regiões (MIGUEL; ESCADA; MONTEIRO, 2016).

Foi a partir de então, com incentivos governamentais para os centros bem como estudos com a ambição de monitorar o clima e o tempo e consecutivamente os riscos enfrentados em cada região que o avanço meteorológico teve um grande avanço, mesmo que o Brasil enfrente um certo atraso referente aos países desenvolvidos da Europa. Apesar de tudo, ainda se tem falta de infraestrutura e recursos e pessoal especializado para o campo da Meteorologia e do Clima no Brasil (MIGUEL; ESCADA; MONTEIRO, 2016).

2.1.2 Meteorologia e Monitoramento Agrícola

Apesar dos avanços científicos, o clima ainda é a variável mais importante na produção agrícola, esse fator determina o sucesso da produção e pode ser avaliado de dois modos, o primeiro está relacionado aos imprevistos e o segundo é o controle do clima sobre a área (AYOADE, 1996). Considerando que a produção agrícola é dependente dos recursos naturais, tais como o solo, a água e as condições favoráveis de clima, assim, a meteorologia agrícola, uma área da ciência, busca atender o setor agrícola em relação a meteorologia, com o objetivo de reduzir os riscos climáticos associados ao setor, fazendo com que a produtividade aumente e se tenha menos riscos econômicos. As condições meteorológicas e climáticas afetam as práticas agrícolas, desde a preparação do solo, a semeadura, irrigação, colheita, tanto quanto a relação entre as plantas, microrganismos e bactérias, esse fator de clima pode afetar nessas ocorrências de pragas e doenças, o que se exige medidas de controle corretas. Não há nenhuma das fases do produto que vem da agricultura que não esteja ligado ou depende do clima, o transporte e armazenamento dos alimentos também deve ser feito com muito cuidado para garantir qualidade do produto final (RADIN E MATZENAUER, 2016).

Tanto o ecossistema feito pelo homem quanto o natural dependem do clima para funcionar, então, os mesmos fatores que afetam a produção agrícola são os mesmos que irão influenciar a vegetação natural. Os principais elementos influenciadores são a temperatura, umidade e radiação solar. A temperatura do ar e do solo tende a afetar todos os processos de crescimento das plantas, pois todos os cultivos possuem limites térmicos mínimos e máximos nos seus variados estágios de crescimento. A água que representa a umidade, em todas as suas formas é o meio pelo qual os agentes químicos e os nutrientes são carregados para a planta. “A água é também o principal constituinte do tecido fisiológico vegetal e um reagente na fotossíntese”, além disso, a umidade do solo é controlada pela precipitação, taxa de evaporação e pelas características do solo. Por último, a radiação solar, que é de extrema importância, pois é a energia que aciona o sistema agrícola, como também qualquer outro ecossistema. É a radiação solar que determina as características térmicas do ambiente, principalmente a temperatura do ar e do solo e a fotossíntese que é o processo básico da produção de alimento e o fotoperiodismo que é a resposta dos vegetais à luminosidade (AYOADE, 1996).

Devido à necessidade e a importância do monitoramento de clima, anualmente essa área tem demandado mais pesquisas, e a apresentação de previsões, embora as mesmas não são tão precisas, a sua divulgação tem sido eficaz quando se diz respeito aos riscos climáticos não só para a agricultura como as pessoas, uma vez que a demanda representa inovação em relação às outras tecnologias do ramo. O desafio atual para os cientistas é aumentar cada vez mais a capacidade produtiva das mais diversas áreas, porém o mesmo tem vários impasses quando se diz respeito aos países em desenvolvimento. Os sistemas de dados meteorológicos de clima se fazem muito necessários quando a produção depende das decisões precisas e uma boa gestão quanto a irrigação, prevenção de pragas, conservação de ecossistemas, melhor momento para plantio e colheita. Vários países investem na aplicação de conhecimentos para aumentar a produção de uma forma sustentável (RADIN E METZENAUER, 2016).

Considerando as variações e mudanças climáticas, AYOADE (1996), descreve em seu livro que a atmosfera não é estática e que está sempre em constante agitação. As teorias astronômicas que dizem respeito às mudanças climáticas estão baseadas nas mudanças da geometria da terra. Segundo Radin e Metzenauer (2016), uma previsão de clima, três componentes podem ser identificados, tais como: o primeiro envolve a estrutura dos serviços meteorológicos operacionais, da observação até o método empregado para elaborar as previsões; o segundo se diz respeito a comunicação das previsões e o terceiro e último está atrelado a utilização da ferramenta para a tomada de decisões. Para que os recursos que são investidos em ciência e tecnologia relacionados à área de previsões meteorológicas sejam positivos para a sociedade, precisa-se ter um equilíbrio entre as três etapas do processo de previsão.

Para tanto, cada região se tem variedades de clima o que faz com que os estágios de desenvolvimento mesmo de uma mesma variedade sejam um tanto diferentes, assim, cada cultura, cada plantio tem um determinado estágio de crescimento e desenvolvimento que responde de uma forma diferente as condições meteorológicas apresentadas na região Cada demanda é diferente, ou seja, para culturas com um ciclo menor ou com um ciclo maior exigem um determinado monitoramento, especialmente quando falamos em controle de pragas e doenças, porém isso depende da cultura e da área cultivada. A geografia interfere nas culturas, assim como pequenas ou grandes áreas, com monoculturas ou com diversas culturas

em uma mesma área, para tanto, as exigências de previsões devem várias dentro das estações dos anos e a partir de um lugar para outro, ou de uma cultura para outra, assim como a determinada operação que a cultura exige. Também se nota que ao longo dos anos tem aumentado a consciência sobre a importância de proteger o meio ambiente, adaptar as condições e alterações climáticas, preocupando-se com a perda da biodiversidade, aprendendo a como lidar com os impactos das secas e desertificação, assim como a falta da chuva, buscando garantir um bom alimento e promover um desenvolvimento sustentável da agropecuária. O desenvolvimento das comunicações e da mídia eletrônica, está colocando uma maior demanda quanto aos serviços agro meteorológicos (RADIN E METZENAUER, 2016).

Segundo Radin e Metzenauer (2016), *apud* Breuer (2008), as informações corretas e se ter a informação faz com que o produtor ajuste as suas operações em função das previsões apresentadas, já que as mesmas variam geograficamente. Estratégias para melhor se lidar com o impacto dos eventos meteorológicos extremos exigem cada vez mais precisão e informação mais eficientes. “Também há muita ênfase em uma melhor divulgação e aplicação das previsões climáticas, em particular o El Niño/La Niña, para aumentar e manter a produtividade agrícola”.

2.1.3 Pulverização

A legislação brasileira, da Lei de número 7.802, publicada em 11 de julho de 1989, no artigo 2º, define os agrotóxicos e seus afins da seguinte forma:

I - agrotóxicos e afins: a) os produtos e os agentes de processos físicos, químicos ou biológicos, destinados ao uso nos setores de produção, no armazenamento e beneficiamento de produtos agrícolas, nas pastagens, na proteção de florestas, nativas ou implantadas, e de outros ecossistemas e também de ambientes urbanos, hídricos e industriais, cuja finalidade seja alterar a composição da flora ou da fauna, a fim de preservá-las da ação danosa de seres vivos considerados nocivos; b) substâncias e produtos, empregados como desfolhantes, dessecantes, estimuladores e inibidores de crescimento; II - componentes: os princípios ativos, os produtos técnicos, suas matérias-primas, os ingredientes inertes e aditivos usados na fabricação de agrotóxicos e afins. (BRASIL, 1989).

Segundo LONDRES (2011), existem as leis federais referente aos agrotóxicos, e além desta, as leis estaduais podem ser mais rigorosas e apresentar novas restrições, mas não podem ser menos restritivas que as leis federais, assim como as municipais podem apresentar leis que restringem mais o uso de agrotóxicos do que as leis estaduais e federais respectivamente.

Os agrotóxicos são produtos utilizados cujo objetivo é garantir o aumento da produtividade, controlando as pragas que atacam a agricultura, centrado nos ganhos de produtividade. As pragas agrícolas e outros patógenos destroem cerca de 10% a 40% da produção mundial. Essas perdas estão diretamente relacionadas a elevação do preço dos alimentos, baixa qualidade e dependência de produtos importados. São essas questões que têm aumentado a procura por pesticidas (FERREIRA, 2013).

Ao longo dos anos o aumento da produção agrícola tem se intensificado, isso, tem indicado que o Brasil esteve entre os países que mais intensificaram a utilização de agrotóxicos, ou seja, para cada hectare cultivado, a quantidade aumentou cerca de quatro vezes. Apesar de países como Itália e Japão apresentarem em 2015 taxas mais elevadas que o Brasil em relação ao uso de agrotóxicos, os mesmos têm apresentado tendências de diminuição da utilização dos pesticidas. A tabela 1 que segue abaixo, contém os dados referente ao aumento da utilização de agrotóxicos entre 1991 e 2015 (MORAES, 2019).

Tabela 1 – Uso de pesticidas: quantidades aplicadas por área cultivada - médias móveis centradas (três anos). Em (kg/ha)

	1991	1995	1999	2003	2007	2011	2015
Argentina	0,9	1,5	2,2	2,1	2,1	2,8	5,2
Brasil	1,0	1,5	2,0	2,5	3,7	4,4	4,3
Paraguai	1,5	4,0	2,3	4,6	6,7	8,0	5,6
Uruguai	1,4	2,0	2,8	5,1	7,6	8,4	6,9
África do Sul	1,3	1,3	1,8	1,9	2,1	2,1	2,1
China	5,9	8,2	9,8	10,8	13,2	14,6	13,6
Índia	0,4	0,4	0,3	0,2	0,2	0,3	0,3
Canadá	0,6	0,6	0,8	0,7	0,9	1,4	1,6
Estados Unidos	2,1	2,3	2,4	2,4	2,4	2,5	2,6
México	1,1	1,1	1,1	0,6	1,8	2,0	1,8
Japão	15,3	15,8	16,4	14,3	13,3	11,8	11,8
Alemanha	2,6	2,4	2,7	2,9	3,4	3,6	3,9
França	5,0	4,7	5,5	4,0	3,9	3,2	3,7
Itália	7,8	7,3	7,2	8,3	7,9	7,2	6,7
Reino Unido	4,5	5,7	5,7	5,3	3,6	2,8	3,0
Mundo	1,5	1,7	2,0	2,0	2,3	2,5	2,6

Fonte: Adaptado de Moraes, 2019

Na tabela 1, pode-se perceber que alguns países, entre os anos de 1991 a 2015, tiveram uma queda quanto ao uso dos pesticidas, porém nas primeiras linhas da tabela, apresentam os países em que anualmente cresceu o uso dos pesticidas.

Com o aumento da produção agrícola, umas das formas utilizadas para realizar a pulverização é através de aviões. A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), apresentou estudos em relação à alta periculosidade da pulverização aérea. Apesar da calibração, temperatura e ventos, condições ideais para a aplicação, “deixam 32% dos agrotóxicos pulverizados retidos nas plantas: outros 49% vão para o solo e 19% vão pelo ar para outras áreas circunvizinhas de aplicação” (FERREIRA, 2013). No seu livro, LONDRES (2011) cita que “a parte que se perde no solo ou é carregada pelo vento pode comumente ultrapassar 70% do produto aplicado”.

Em 2019, no Brasil existiam cerca de 13.300 registros de agrotóxicos. Em 2017, dos ingredientes, haviam cerca de 517 que eram autorizados no Brasil e 97 teriam sido banidos. Dos autorizados, dez dos ingredientes responderam por cerca de 70% do total consumido. O glifosato e o 2,4-D, respondem por 43% do total. A aplicação tem se concentrado nas lavouras de soja, milho e cana-de-açúcar que respondem por três quartos do total de agrotóxicos que são consumidos no Brasil. Em termos de médias no período de 2015-2017 os estados que corresponderam 58% das compras totais dos agrotóxicos foram Mato Grosso, São Paulo, Rio Grande do Sul e Paraná. Na tabela 2 é possível analisar na terceira coluna em ordem decrescente a cultura em que mais é utilizado agrotóxicos (MORAES, 2019).

Tabela 2 – Uso de agrotóxicos no Brasil por lavoura (2016)

Lavoura	Consumo de agrotóxicos (R\$ milhões)	Percentual	Valor bruto da produção agrícola (R\$ milhões)	Percentual
Soja	18.533	56%	116,3	34%
Milho	3.460	10%	41,4	12%
Cana de Açúcar	3.261	10%	52,8	16%
Algodão Herbáceo	1.630	5%	12,2	4%
Café	832	3%	24,0	7%
Outros	5.557	17%	93,9	28%
Total	33.273	-	340,6	-

Fonte: Adaptado de Moraes, 2019

Conforme o alto uso dos pesticidas, demonstrados na tabela 2, os agrotóxicos de forma geral, têm representado um dos maiores perigos quando diz respeito aos efeitos que podem provocar na saúde das pessoas, principalmente daquelas pessoas que no campo ou na indústria ficam expostas ao contato direto com os venenos. Muitas das doenças provocadas pelo contato com os agrotóxicos ou deixam sequelas ou são fatais para a vida das pessoas (LONDRES, 2011).

O Instituto Nacional do Câncer (INCA), alertou a sociedade brasileira quanto ao fato, considerando o potencial cancerígeno ao longo prazo, e intoxicante ao curto prazo, onde a atitude mais adequada seria não utilizar agrotóxicos. Ainda é destacado, que as barreiras locais não impedem que a substância atinja os lençóis freáticos. A Organização Internacional do Trabalho (OIT), estima que os agrotóxicos têm causado anualmente em torno de 70 mil intoxicações agudas e crônicas que evoluem para óbito e um número ainda maior das doenças agudas e crônicas que não são fatais (FERREIRA, 2013):

Para se utilizar um agrotóxico no Brasil, é necessário que o mesmo seja registrado no país, um processo que desde 1989 deve ser feito junto a três órgãos do governo federal: Mapa, no que se refere à eficácia e segurança agronômicas; Ministério da Saúde (por meio da Anvisa), no que se refere à saúde pública, seja de risco ocupacional seja de risco para consumidores; e Ministério do Meio Ambiente (por meio do Ibama), no que se refere ao impacto ambiental. A solicitação deve conter testes que demonstrem a segurança do agroquímico, bem como estudos sobre impactos ambientais e humanos (MORAES, 2019).

Apesar do crescimento do uso dos pesticidas no Brasil ter apresentado vantagem quanto a produtividade, a fraca regulação ocasionou impactos ambientais e humanos que ainda estão sendo descobertos. O uso do ingrediente clordano, como exemplo, trouxe ganhos de produtividade, mas a um alto custo, pois aumentou a probabilidade de incidência de câncer (MORAES, 2019).

2.2 ENERGIA SOLAR/FOTOVOLTAICA

2.2.1 História

A demonstração da “pilha solar” consiste em uma transmissão via rádio e após a apresentação nas páginas do New York Times onde podia se ler que a primeira célula de energia solar “marca o princípio de uma nova era, levando, eventualmente, à realização de um dos mais belos sonhos da humanidade: a colheita de energia solar

sem limites, para o bem-estar da civilização”. A primeira aplicação foi na Georgia para alimentar uma rede telefônica local (Figura 1). Um painel com nove células de 30 mm de diâmetro foi montado em Outubro de 1955 e removido em Março de 1956, os resultados foram promissores, apesar do painel ter ficado coberto por uma massa opaca de fezes ornitológicas. Apesar de tudo, logo compreendeu-se que o custo era muito elevado, levando em consideração que sua utilização só podia ser competitiva economicamente em aplicações muito especiais, como por exemplo, na produção de energia no espaço (VALLÊRA; BRITO, 2006).

A partir do ano de 1956 iniciaram as produções industriais das placas solares que acompanhavam a evolução da microeletrônica. Em 1959 nos Estados Unidos a energia solar começou a ser usada como uma alternativa para a energia elétrica, o objetivo inicial era utilizá-la para os satélites. A partir deste ano o preço das células solares caiu mais de 1000%. O avanço nos estudos dos materiais utilizados nos painéis fotovoltaicos tende a diminuir mais o custo da mesma e conseqüentemente aumentar a sua utilização (MARQUES; KRAUTER; LIMA, 2009).

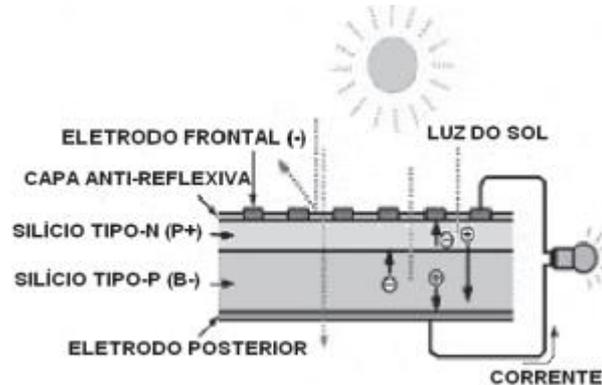
2.2.2 Funcionamento dos Painéis Solares

A palavra “*photo*” quer dizer “produzido pela luz” e seu sufixo “voltaico” significa “eletricidade produzida por uma reação química”, esses são os elementos básicos que são responsáveis em produzir energia eletromagnética em energia elétrica, tudo isso acontece, pois eles possuem dispositivos que são semicondutores e que expostos a luz solar produzem uma corrente elétrica. Esses semicondutores são formados de forma mais comum por elementos do grupo IV da tabela periódica, como exemplo tem-se o Silício (Si). Esse grupo apresenta como principal característica possuir quatro elétrons de valência, assim é possível quatro ligações covalentes. Átomos pentavalentes, como o fósforo e o arsênio, quando são introduzidos na rede cristalina, possuem um elétron a mais do que o necessário para formar a ligação covalente, que seria uma pequena quantidade de energia para liberar este elétron para a condução, mais ou menos em torno de 1,12 V do silício (MARQUES; KRAUTER; LIMA, 2009).

No nível atômico a luz vai atuar como um fluxo de partículas chamadas fótons. Quando a junção N-P é iluminada acontece o fenômeno de absorção dos fótons por elétrons, o que chamamos de efeito fotoelétrico, faz assim que alguns passem da banda de valência para a de condução. Elétrons que atingem a banda de condução vagam pelo semicondutor até quando são puxados pelo campo elétrico que existe na

região da junção, conforme apresentado na figura 1 que segue abaixo (MARQUES; KRAUTER; LIMA, 2009).

Figura 1 – Esquema de uma célula fotovoltaica



Fonte: Marques; Krauter; Lima, 2009, p. 4

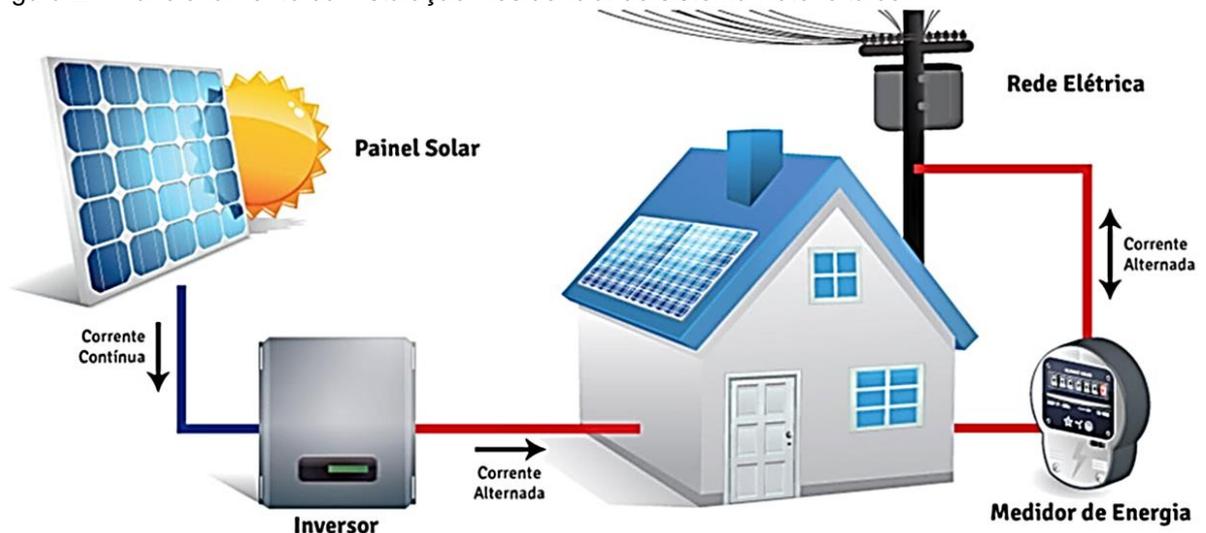
Por uma ligação externa, os elétrons são levados para fora da célula e ficam assim disponíveis para o uso, cada elétron que deixa a célula, se tem outro que retorna para substituí-lo. Assim, evidenciamos que uma célula fotovoltaica não pode armazenar energia elétrica, o que faz necessário o uso de baterias, quando o sistema for autônomo por constituir uma fonte de energia elétrica que é independente da rede elétrica convencional, e que assim precisa de sistemas de armazenamento de energia elétrica ou interligar o módulo a rede quando o sistema for híbrido que diz respeito a operar junto com, não necessitando de sistemas de armazenamento de energia (MARQUES; KRAUTER; LIMA, 2009).

Mais popularmente conhecido como sistema de energia solar, este sistema é responsável por produzir energia elétrica através da matéria prima que se dá pela luz do sol. Esse sistema faz com que os consumidores sejam responsáveis por produzir a sua própria energia elétrica e isso acontece devido a captação de energia solar e as vantagens desse mecanismo, onde o mesmo pode ser excedente ao qual a rede de distribuição da localidade apresenta (CUNHA; SANTOS; FREITAS, 2018).

De acordo com a ANEEL (Agência de Energia Elétrica) são consideradas inovações dentro do setor energético do Brasil, a geração e distribuição em micro e minicentrals de inovações dentro do setor energético do país, uma vez que é um grande aliado a economia financeira, consciência socioambiental e sustentabilidade, já que a mesma é uma energia renovável. A instalação do sistema de energia solar é considerada um sistema simples e não exige que as residências sofram grandes

adaptações para sua instalação. Abaixo, apresenta-se a figura 2 que é referente a implementação do sistema fotovoltaico (CUNHA; SANTOS; FREITAS, 2018).

Figura 2 – Funcionamento da instalação Residencial do sistema Fotovoltaico



Fonte: Cunha; Santos; Freitas, 2018, p. 4

Os sistemas autônomos se dão pela utilização de um acumular de energia, ou seja, pelas baterias. Essas recebem a energia produzida pelos painéis fotovoltaicos e as distribuem para os pontos de consumo. Sendo parte essencial do projeto as baterias são a parte mais cara da instalação, e tem uma vida útil mais baixa em relação aos painéis, podendo chegar a ser quatro ou seis vezes menor. Porém, esse sistema comparado ao convencional que é transmitido por rede elétrica produzido por hidrelétricas, a energia produzida por painéis solares, além de ser uma energia renovável, possui um custo menor, seu investimento inicial é alto, porém em pouco tempo já se tem retorno (MARQUES; KRAUTER; LIMA, 2009).

2.2.3 Energia Solar e seu potencial no Brasil e no mundo

O Brasil tem um grande potencial quando levado em conta toda sua real capacidade de produção de energia, ou seja, todos os tipos de usinas que produzem a energia elétrica, a de capacidade e de 135 gigawatt (GW). Nesta quantidade, o número de 0,0010% é realizado através do sistema solar fotovoltaico, sistema esse que realiza a produção de energia elétrica através da luz do sol. Através desse número é possível perceber que o nosso país possui uma utilização muito baixa de uma fonte

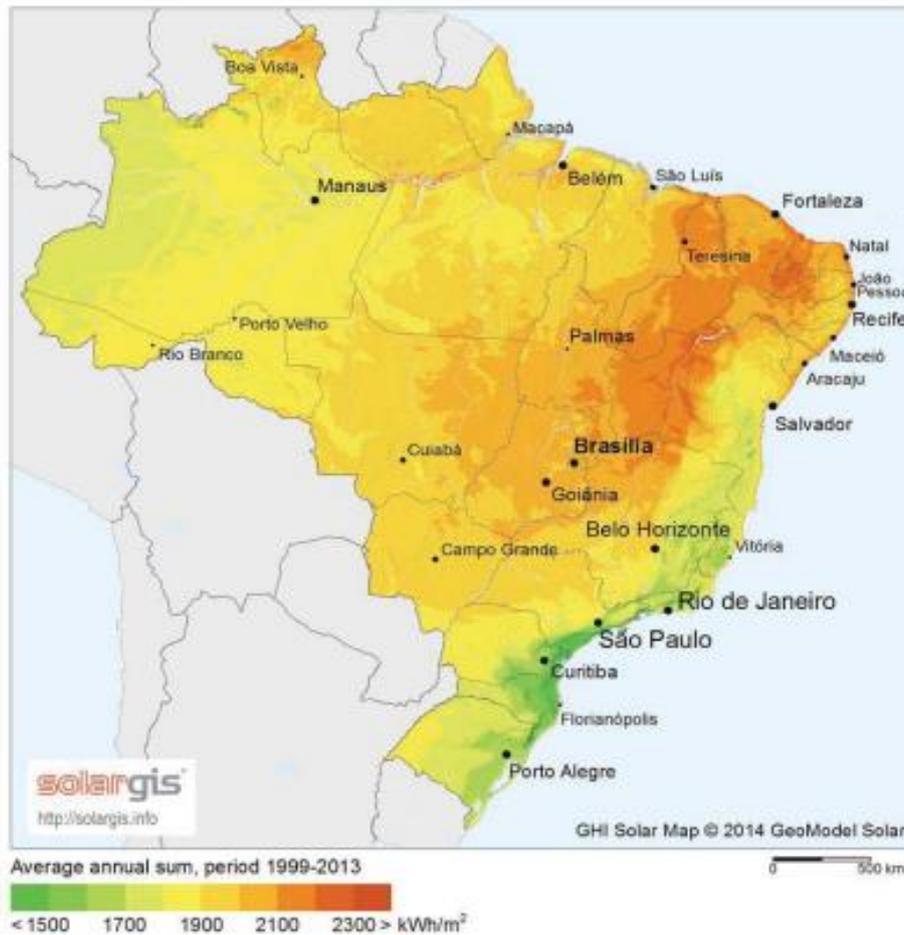
tão barata e sustentável de energia que é tão abundante e tão acessível (CUNHA; SANTOS; FREITAS, 2018).

Conforme Cunha; Santos; Freitas, (2018) o Brasil aproveita somente uma pequena parcela da energia solar que é capaz de produzir. Quando comparado a energia do Brasil com outros países, se considera residual, por exemplo; a eólica. De acordo com Cunha; Santos; Freitas, (2018) seu aproveitamento total do potencial solar poderia chegar a uma estimativa de 283,5 milhões de MW anualmente. A utilização deste potencial no país poderia ser o suficiente para atender o consumo doméstico mais que duas vezes que é de 129 milhões de MW a cada ano. Cada região do país possui capacidades e posições geográficas diferentes que diferenciam seus potenciais, o que diferencia o Nordeste o destacando a região neste quesito que possui um potencial acima da média nacional (CUNHA; SANTOS; FREITAS, 2018).

Segundo Cunha; Santos; Freitas (2018), *apud* Severino e Oliveira (2010) o Brasil é o único país no mundo que recebe mais de 3000 horas de sol por ano. Sendo a região Nordeste com maior incidência, sua média diária fica entre 4,5 a 6 KWh. Com esta capacidade, o Brasil pode ser considerado o país com maior potencial de captação em relação à energia solar no planeta. Assim pode ser evidenciado que é necessário somente o incentivo que possa ser desenvolvido neste setor no Brasil.

Conforme descrito por Denardin (2016), o Brasil possui duas grandes zonas climáticas, a região subtropical que se situa ao sul do trópico de Capricórnio, e a região tropical que se situa no norte do Trópico de Capricórnio, esses são responsáveis por proporcionar ao território brasileiro condições excelentes de radiação (Figura 3), permitindo que o país possa investir em fontes renováveis.

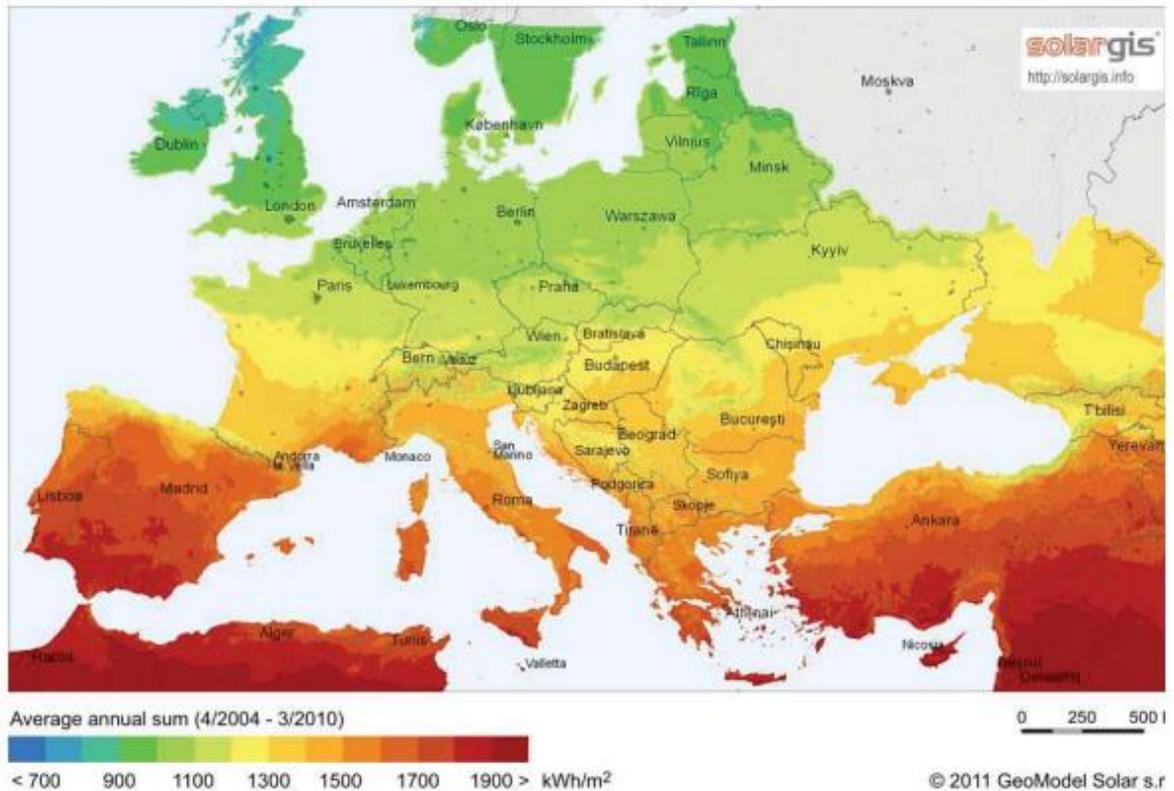
Figura 3 – Exposição média de irradiação solar anual (kWh/m^2 ano) incidente na superfície do solo brasileiro, com inclinação igual à latitude do local



Fonte: Denardin, 2016, p. 33

Em comparação aos países da União Europeia, como mostrado na figura 4, o Brasil ($1.550 - 2.400 \text{ kWh/m}^2$) possui valores de radiação solar maiores que Alemanha ($900 - 1.250 \text{ kWh/m}^2$), França ($900 - 1.650 \text{ kWh/m}^2$) e Espanha ($1.200 - 1.850 \text{ kWh/m}^2$), estes locais possuem fortes incentivos governamentais referente à produção renovável de energia solar (DENARDIN, 2016).

Figura 4 – Exposição média de irradiação solar anual (kWh/m² ano) incidente na superfície do solo brasileiro, com inclinação igual à latitude do local



Fonte: Denardin, 2016, p. 34

A Alemanha é uma referência na produção de energia fotovoltaica sendo o país da Europa que mais produz energia fotovoltaica no mundo, mas o Brasil em seus estados que apresenta o menor potencial, possui uma superioridade de 40% ao melhor ponto de insolação da Alemanha (CUNHA; SANTOS; FREITAS, 2018). Na atualidade do ano de 2016, a Alemanha era o país com maior número de placas fotovoltaicas instaladas e que estão conectadas à rede elétrica de distribuição urbana. Esse alto índice de implementação de energia fotovoltaica se dá nas políticas governamentais com programas que incentivam esse investimento e facilitam para toda a população do país. (DENARDIN, 2016). Desta forma, pode-se entender e destacar o quão grande é o potencial de produção de energia solar no Brasil em relação a outros países (CUNHA; SANTOS; FREITAS, 2018).

2.3 INSTRUMENTAÇÃO

2.3.1 2.3.1 Plataforma de Prototipagem Arduino

2.3.1.1 Aplicação e Funcionalidade

A plataforma de prototipagem Arduino é uma inovação tecnológica com um baixo custo e que permite criar inúmeros projetos podendo controlar os mesmos através de um computador. O Arduino é uma pequena placa de microcontrolador com conexão USB para ser conectada ao computador, assim como em motores, relés, sensores de luz, alto falantes e etc. Ao conectar ao computador é possível programar, controlar e após a placa de Arduino pode operar de forma independente coletando dados e controlando a operação. O Arduino é um dispositivo que permite conectar circuitos eletrônicos aos seus terminais, assim, ele permite controlar dispositivos, por exemplo, ligar ou desligar lâmpadas e motores, ou mesmo realizar medições como de luz ou temperatura. Por essas aplicações que o Arduino recebe o atributo de “computação física” (MONK, 2013).

O computador permite organizar e tratar os dados. Com a utilização de software é possível investigar o fenômeno construindo animações através da matemática, com equações, vetores e relações geométricas de um determinado modelo físico. Com a utilização do computador é possível utilizar técnicas de análise estatística, além disso, as informações são coletadas com velocidade e com precisão. A utilização de computadores assim como do Arduino no ambiente de ensino permite fazer experimentos que dificilmente seriam realizados com instrumentos usuais de um laboratório e podendo apresentar os resultados imediatamente (CAVALCANTE; TAVOLARO; MOLISANI, 2011).

2.3.1.2 Modelos

Segundo Monk (2013), apesar de se ter vários modelos, todos são programados na mesma linguagem. Cada um possui características físicas individuais (Quadro 1) o que faz com que cada aplicação tenha um específico que será mais adequado para o que se pretende obter.

Quadro 1 – Modelos de placas Arduino

Modelo	Fonte de Alimentação	Processador	Memória	Observação
Uno	3,3 V	ATmega328	32 KB	Usa chip USB.
Mega	5 V	ATmega1280	128 KB	Fixado de forma permanente na Placa.
Nano	5 V	ATmega168	16 KB	Encaixe modelo de chip.
Bluetooth	3,6 V ou 6 V	ATmega8/L	8 KB	Ligação USB.
Lilypad	2,7 V ou 5,5 V	ATmega328P	1 KB	Sem conexão USB, necessita de adaptador.

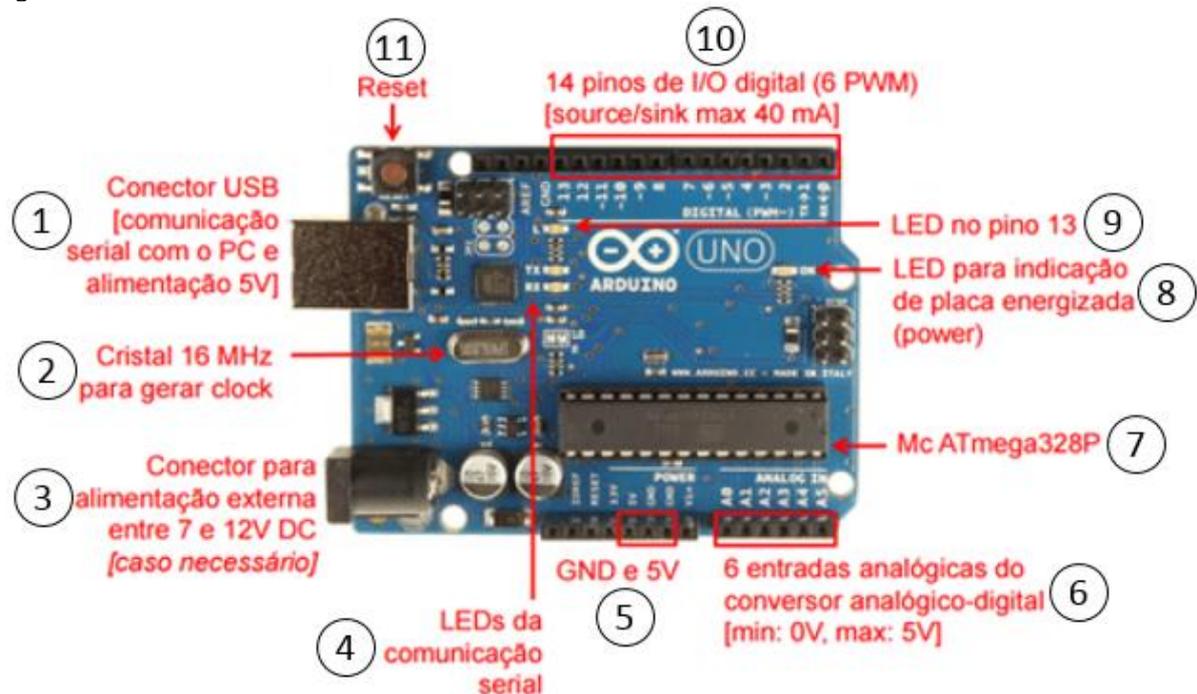
FONTE: Adaptado de Monk, 2013

As placas que foram descritas no quadro 1 são as mais comuns e populares, porém a uma variação muito grande das placas variantes do mesmo com demais aplicações buscando atender cada aplicação e tornando mais vasto esse programação e forma de coletar e apresentar os mais variados tipos de dados (MONK, 2013).

2.3.1.3 Arduino Uno

Entre vários modelos, a placa da plataforma Arduino mais recente e acessível é a chamada Arduino UNO. A placa (Figura 5) é um circuito controlador desenvolvida para dispositivos eletrônicos, ela permite um conjunto de gravação de instruções através de uma linguagem de programação (QUEIROZ E SOUSA, 2018).

Figura 5 – Placa Arduino Uno R3



Fonte: Adaptado de Queiroz e Sousa, 2018

A figura 5 apresenta os principais componentes da placa Arduino, sistema de alimentação que pode ser USB (1) ou fonte externa (3); botão de reset (11), LED do pino 13 indicando o funcionamento (9); LED que indica a energia da placa (8); MC ATmega328P (7); entradas analógicas do conversor analógico-digital (6); GND e 5V (5); LEDs da comunicação serial (4); Cristal de 16 MHz (2); Pinos de I/O digital (10) (QUEIROZ E SOUSA, 2018).

O Arduino não apenas facilita em relação a programação por meio da sua linguagem, como também facilita sua utilização devido ao formato da sua plataforma. Além dos pinos, as placas integram a informação com a rede, transmitindo os dados coletados para computadores (QUEIROZ E SOUSA, 2018).

Para a programação, o Arduino já vem com um programa Blink (pisca-pisca), esse programa é responsável por fazer piscar o diodo emissor de luz (LED) que faz parte da placa e indica que a mesma esteja funcionando. Para colocá-la em funcionamento basta conectar a energia elétrica. Para a nova programação que se pretende desenvolver é necessário a instalação do software aplicativo do Arduino, depois de instalado, conforme a sua plataforma é possível iniciar a programação dos sensores para que realizem a coleta e transmissão dos seus respectivos dados (MONK, 2013).

2.3.2 Sensores

O termo sensores é utilizado para definir os dispositivos que são sensíveis á alguma forma de energia do ambiente que pode ser de forma luminosa, térmica, cinética, que relaciona as informações de grandezas físicas que precisa ser medida, como por exemplo a temperatura, pressão, velocidade, corrente, aceleração, posição entre outras mais (WENDLING, 2010). Segundo Mendes (2006), o sensor é considerado um dispositivo que gera uma grandeza no domínio da eletricidade, esse pode ser utilizado como uma medida de um parâmetro físico, químico ou biológico.

Um sensor nem sempre tem as características elétricas necessárias para ser utilizado em um sistema de controle. Normalmente o sinal de saída deve ser manipulado antes da sua leitura no sistema de controle. Isso geralmente é realizado com um circuito de interface para produção de um sinal que possa ser lido pelo controlador.

Supondo que a saída de um sensor, ao ser sensibilizado por uma energia externa, é dada por um nível de tensão muito baixo, torna-se necessária a sua amplificação. Essa interface seria então um amplificador capaz de elevar o nível do sinal para sua efetiva utilização (WENDLING, 2010, p.4).

2.3.3 Baterias

As baterias são dispositivos que convertem energia química que está contida em seus materiais ativos, em energia elétrica, por meio de uma reação eletroquímica de oxidação e redução. Essa reação envolve a transferência de elétrons dos materiais que se oxidam para matérias que se reduzem através de um circuito elétrico. Em casos em que é um sistema recarregável, a bateria é recarregada por uma inversão desse processo. Abaixo as figuras 6 e 7 mostram os principais componentes bem como o esquema da célula quando ocorre a descarga e a carga respectivamente (MICHELINI, 2017).

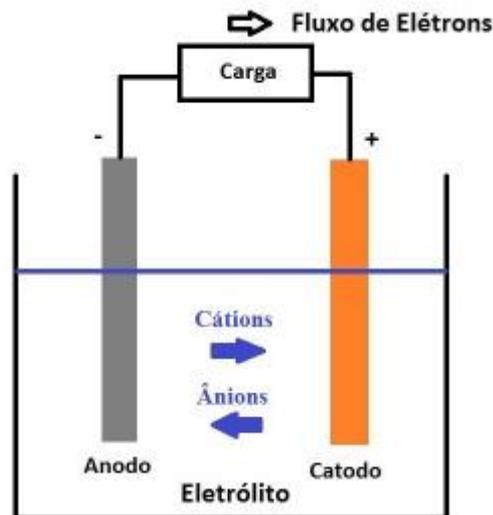
Para Ataide (2010), a bateria é um tubo elétrico, a reação química que acontece internamente da bateria que ocorre entre o eletrólito e a parte negativa do eletrodo de metal produz um acúmulo de elétrons livres, cada um com carga negativa na parte negativa do terminal da bateria: o ânodo. “A reação química entre o eletrólito e o eletrodo positivo dentro da bateria produz um excesso de íons positivos (átomos que necessitam de elétrons, assim, com uma conexão positiva de carga) no terminal positivo: o cátodo da bateria.”

Apesar de se utilizar o nome "bateria", a unidade eletroquímica básica é a "célula". Cada bateria consiste em uma ou mais dessas células que são conectadas

em série ou em paralelo, e que dependem da voltagem e capacidade de saída desejada. Essa célula consiste em três componentes principais, que são: anodo, catodo e eletrólito (MICHELINI, 2017).

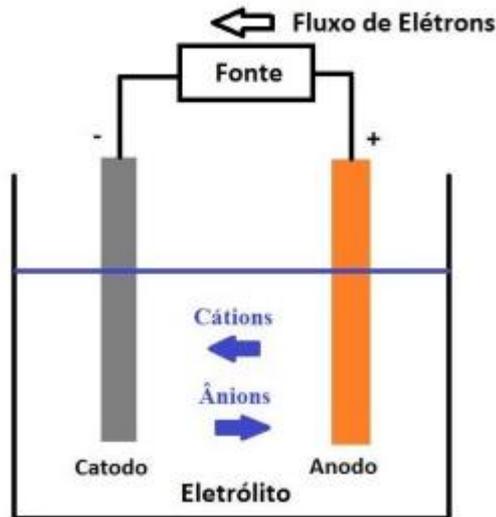
- O ânodo ou eletrodo negativo é o redutor. Fornece elétrons para um circuito externo e é oxidado durante a reação eletroquímica (descarga), geralmente é um metal.
- O eletrólito (condutor iônico) é encontrado entre o cátodo e o ânodo e sendo através dele que existe a transferência de carga dos íons. O eletrólito é um solvente que contém elementos químicos provendo a condutividade iônica. Deve não conter propriedades condutoras de elétrons para evitar auto descarga da célula. As partículas que necessitam de elétrons são chamadas de cátions; durante o processo eletroquímico, os cátions atravessam o eletrólito até o cátodo. Durante o processo de descarga, os ânions (que são os átomos com excesso de elétrons e assim negativamente carregados) são atraídos em direção ao ânodo.
- O separador eletricamente isola os eletrodos positivo e negativo (Ataide, 2010, p.15-16).

Figura 6 – Esquema eletroquímico na descarga



Fonte: Michelin, 2010, p. 18

Figura 7 – Esquema eletroquímico na carga



Fonte: Michelin, 2010, p. 19

Além de tudo, as baterias possuem três parâmetros básicos, a corrente elétrica que é o movimento ordenado das cargas elétricas dentro de um fio de metal, feito em geral de cobre; tensão elétrica ou voltagem que é a força externa que empurra as cargas elétricas e as coloca em movimento e por último a capacidade que é a corrente em que se pode tirar de uma bateria num determinado período de tempo ou em outros termos, é a energia retirada da bateria (MICHELINI, 2017).

As baterias em seu geral, apresentam vários tipos, estes que estão ligados a sua configuração de carga e descarga e de armazenamento de energia, também é possível descrever que sua aplicação tem um vasto campo, tanto quanto em aplicações ligadas a pequenos como a grandes aparelhos que de certa forma exige liberdade, em questão de não necessidade de fios que conectam o aparelho a energia elétrica (ATAIDE, 2010).

3 METODOLOGIA

De acordo com Ciribelli (2003) *apud* Praça (2015), a metodologia é classificada sendo um conjunto de procedimentos e instrumentos que o pesquisador utiliza para organizar e direcionar o seu projeto de acordo com critérios científicos, buscando dados e resultados para explicar seu estudo. Para cada tipo de trabalho existe uma classificação que define o tipo de pesquisa que será apresentado de acordo com as informações e o que se pretende demonstrar e realizar, além disso, apresenta-se os procedimentos que foram usados para organizar a sequência do trabalho bem como materiais e equipamentos utilizados tanto para a construção do protótipo quanto para o desenvolvimento da parte teórica do mesmo.

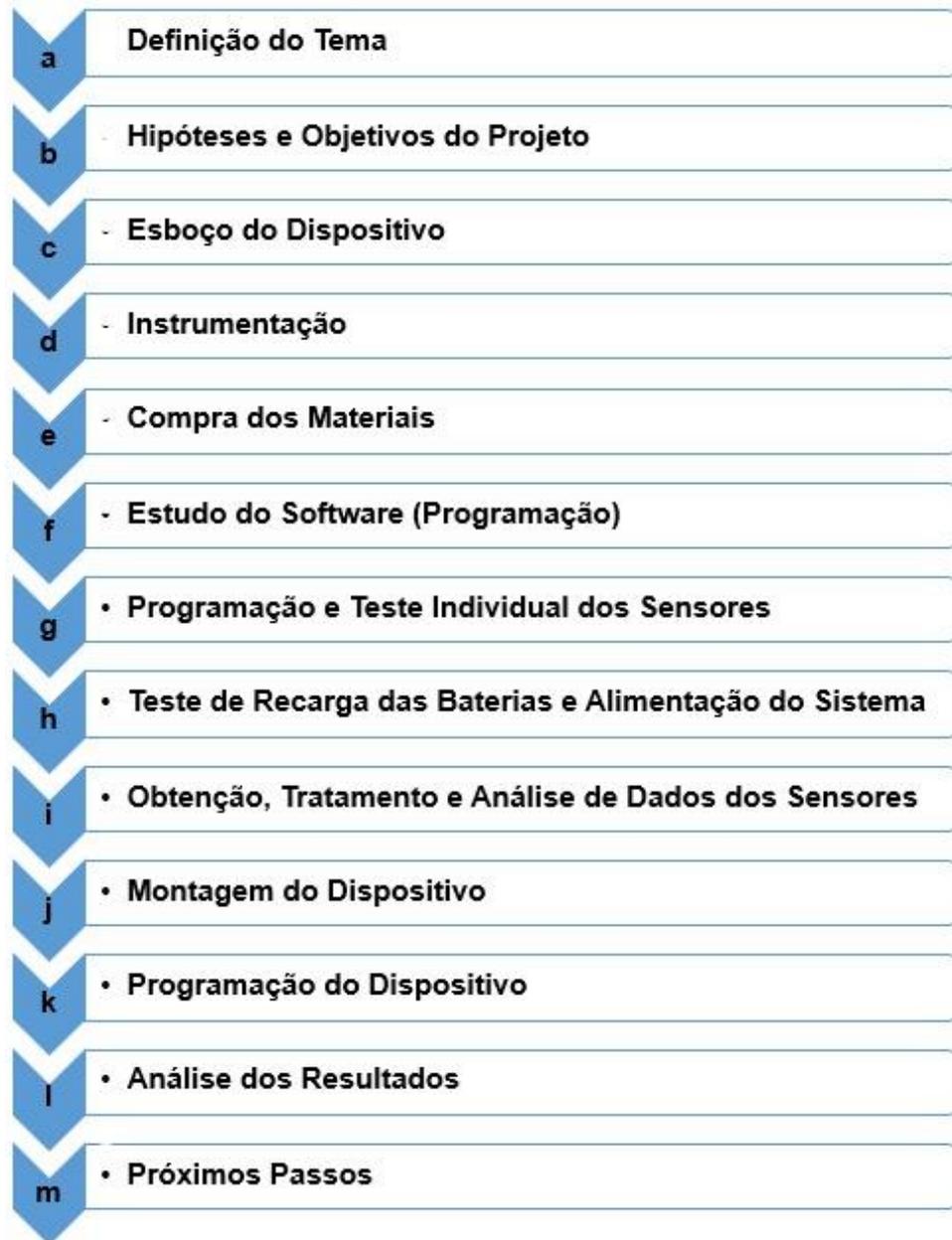
3.1 CLASSIFICAÇÃO QUANTO À METODOLOGIA APLICADA

O presente trabalho será classificado em dois tipos de pesquisa. A primeira classificação é de pesquisa explicativa, ao qual busca identificar fenômenos que definem e contribuem para determinado ocorrido, esta forma de pesquisa é considerada a mais aprofundada quando se diz respeito à realidade pois ela busca explicar a razão e o porquê determinadas coisas acontecem, além disso determina que tal fenômeno deve estar suficientemente descrito e detalhado. A segunda classificação, é de pesquisa exploratória, que tem como principal objetivo aprimorar ideias ou descobrir instituições, é flexível, o que permite consideração dos mais variados aspectos relativos ao fato que se estuda. Com base nos procedimentos técnicos, o trabalho pode ser classificado ainda como pesquisa bibliográfica que é desenvolvida a partir de materiais já elaborados, como livros ou artigos científicos (GIL, 2007)

3.2 PROCEDIMENTOS DEFINIDO PARA O PROJETO

O procedimento do projeto de pesquisa é a forma em que os pesquisadores se utilizam para organizar a sequência desenvolvida no trabalho, bem como demonstrar de forma sucinta ao leitor as etapas que foram definidas e seguidas para a realização do mesmo. A figura 8, apresenta um esquema com as etapas definidas e que nesta mesma sequência serão apresentadas nos resultados. Em cada etapa, conforme ordem crescente, será apresentado como foi a construção do trabalho, iniciando pela definição do tema até a análise dos resultados obtidos.

Figura 8 – Passos seguidos pelos acadêmicos para o desenvolvimento do projeto



Fonte: Os autores, 2021

Para o desenvolvimento dos resultados do trabalho e a sequência apresentada na figura 8, abaixo, serão descritos brevemente todas as etapas e o que se realizou em cada uma delas:

- a) Definição do Tema: considerada uma das mais importantes, é onde ocorre a troca de ideias junto ao orientador, para definir o assunto que será estudado no projeto;
- b) Hipóteses e Objetivos do Projeto: as possíveis soluções e o que se pretende fazer neste projeto;

- c) Esboço do Dispositivo: a partir das ideias pressupostas, foi necessário a definição de quais os principais componentes que deveriam constar neste projeto. Para isso, foi criado um esboço inicial do mesmo;
- d) Instrumentação: com a ideia de construir uma estação portátil, de fácil instalação e baixo custo, capaz de coletar dados relacionados às condições climáticas, definiu-se que o projeto seria desenvolvido com base na plataforma Arduino e com os sensores compatíveis com o mesmo, além disso, conta com sistema de alimentação e recarga;
- e) Compra dos Materiais: uma prática muito usada nos dias de hoje, é a compra online devido à variedade de produtos e preços mais baixos, portanto, os materiais necessários para a construção do dispositivo foram adquiridos através de Websites;
- f) Estudo do Software (Programação): com os materiais eletrônicos adquiridos, principalmente a placa Arduino UNO R3 e os sensores, deu-se inícios os estudos para adquirir conhecimento em relação a plataforma Arduino e conseqüentemente a programação necessária para a obtenção de dados relacionadas às condições climáticas, como Temperatura, Umidade Relativa do Ar, Umidade do Solo, Precipitação e Radiação Solar;
- g) Programação e Teste Individual dos Componentes: realizado a programação individualmente dos sensores, assim, concretizando de que era possível obter dados por meio de sensores simples e de baixo custo;
- h) Teste de Recarga das Baterias e Alimentação do Sistema: um dos principais objetivos definidos para o dispositivo, foi de que o mesmo obtivesse um sistema de geração de energia autossuficiente. Para que isso fosse possível, foi desenvolvido um sistema de carga e recarga, composto por baterias de lítio recarregáveis, placa de energia solar e um carregador responsável também pela proteção das baterias em relação ao excesso de carga;
- i) Obtenção, Tratamento e Análise dos dados Individuais: conforme citado anteriormente na etapa sete, os sensores foram programados e testados individualmente, assim, cada um desses sensores apresentou dados diferentes correspondentes com sua função;
- j) Montagem do Dispositivo: com todos os componentes em funcionamento, foi criado uma estrutura capaz de acomodar tanto a parte eletrônica como o sistema de geração de energia, armazenamento e alimentação;

- k) Programação da Estação: Simultaneamente com a montagem do dispositivo, a programação final, garante que todos os componentes estejam em funcionamento e a coleta de dados esteja acontecendo de forma correta e que a mesma possa ser testada quantas vezes for necessário;
- l) Análise dos Resultados: comparação dos dados com fontes que apresentam informações climáticas correspondente às variáveis usadas no projeto;
- m) Próximos Passos: apresentação de ideias que podem ser desenvolvidas em trabalhos futuros buscando melhorar o projeto.

3.3 MATERIAIS E EQUIPAMENTOS

Para o desenvolvimento e construção do projeto, foram utilizados os seguintes materiais e equipamentos:

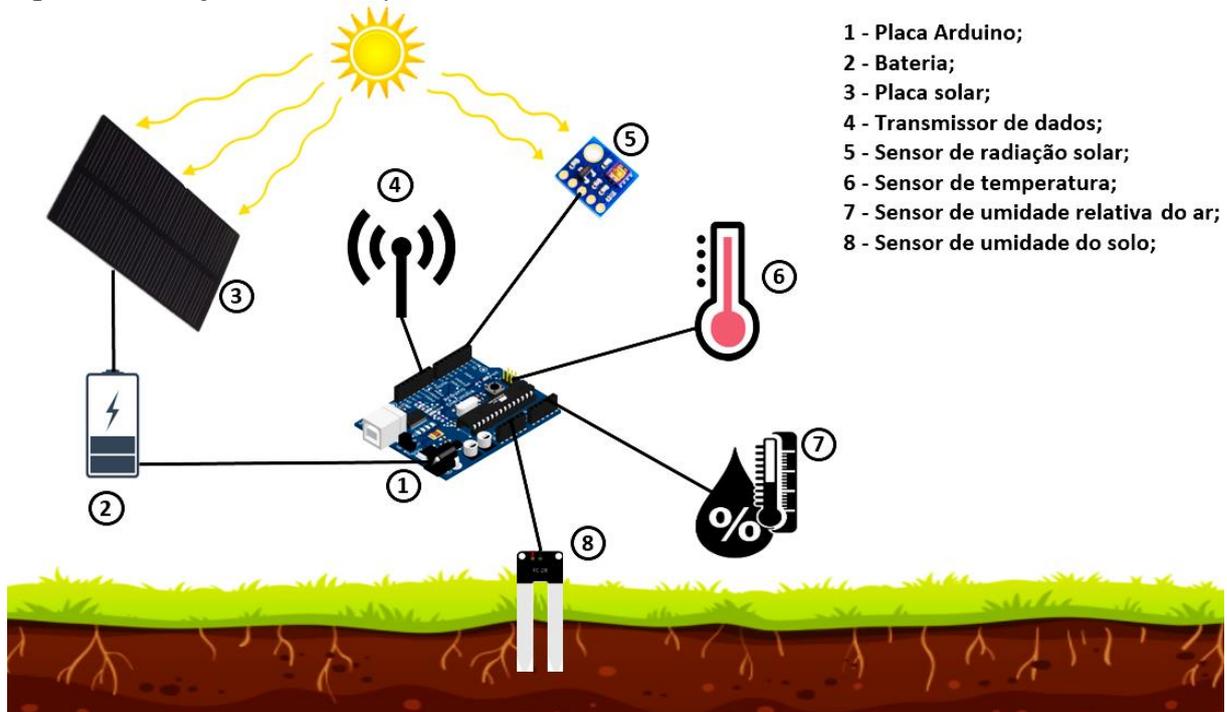
- a) *Hardware* (Notebook ACER ASPIRE, CORE i5, (7ª geração);
- b) *Software* Excel e Word 2016;
- c) *Software* Power BI Desktop;
- d) *Software* Arduino 1.8.12;
- e) Placa Arduino Uno R3 Smd Ch340 - 0388;
- f) Sensor de umidade relativa do ar e temperatura para Arduino (Termo-higrometro), modelo DHT11h;
- g) Sensor Radiação Solar Ultravioleta UV MI8511 Arduino;
- h) Sensor De Umidade Do Solo - Higrômetro Para Arduino;
- i) Cabo *Wire Jumper* Fêmea-macho *Protoboard* Arduino;
- j) Cabo USB 2.0 compatível com Arduino/Impressora;
- k) Mini painel Fotovoltaica (placa solar) 12v, 3w;
- l) Bateria de lítio 3,7V 6800mah;
- m) Suporte para bateria de lítio 3,7V;
- n) Carregador solar de Baterias Lítio Tp4056 5v 1h;
- o) Módulo *Wi-fi* ESP8266 ou ESP01;
- p) Adaptador Para Módulo *Wi-fi* Esp8266 Esp-01;
- q) Caixa De Passagem Sobrepor Elétrica 11x15x7 BC Transparente;
- r) Ferro de Solda 40W;
- s) Arame de solda a base de estanho.

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

4.1 ESBOÇO DO DISPOSITIVO

O processo de construção de um modelo do projeto é muito importante para ter visibilidade daquilo que se busca desenvolver. Levando em consideração a ideia de visualizar e prever os itens, o grupo criou de forma clara e objetiva um esboço inicial (Figura 9), definindo quais seriam os principais componentes que o projeto deveria apresentar para que realizasse as determinadas funções. Uma estação meteorológica é entendida por ser o local onde são coletados dados para serem analisados referente ao tempo meteorológicos, esses dados coletados são usados para formar as previsões do tempo e para também diferenciar o clima (ESPEJO; HIDEO JUNIOR, 2020), portanto, o dispositivo de monitoramento se caracteriza por ser uma estação meteorológica, diante dos dados climáticos que serão coletados referente a umidade do ar, umidade do solo, radiação solar e temperatura, e por ser independente, tornando-se livre de energia já que é capaz de produzir e armazenar energia a partir do sol, e proporcionando que a mesma seja instalada em qualquer lugar alcançando áreas distantes e fazendo com que a mesma seja monitorada da mesma forma que uma área próxima à propriedade sede.

Figura 9 – Esboço inicial do Dispositivo



Fonte: Os autores, 2021

O esboço apresentado na figura 9, apresenta a placa de Arduino (1) que é a plataforma escolhida pelo grupo para realizar a programação; a bateria (2) que armazena a energia gerada pela placa solar; a placa solar (3) responsável pela geração de energia; o transmissor de dados (4) que transmite os dados gerados pelos sensores; e na sequência os sensores das variáveis que se pretende coletar os dados referente às condições climáticas, que são elas: sensor de radiação solar (5), sensor de temperatura (6), sensor de umidade relativa do ar (7) e sensor de umidade do solo (8). Todos esses itens formam o esboço inicial do dispositivo que permitiu seguir para os próximos passos visualizando o que se pretende realizar, bem como obter maior assertividade na compra dos materiais. Além de possibilitar entender quais seriam as principais características do projeto, esse início permitiu organizar as ideias, o que fez com que o grupo ganhasse tempo para os próximos passos.

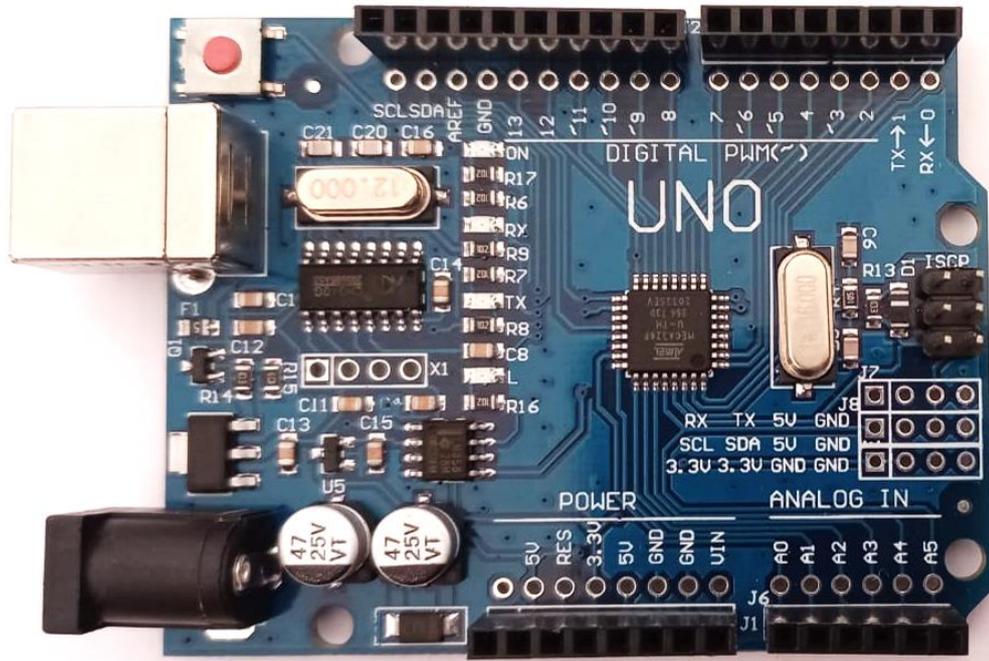
4.2 INSTRUMENTAÇÃO

Finalizado o esboço, para melhor entender e organizar as funções que cada componente seria responsável, o dispositivo de monitoramento se dividiu em cinco partes, que são elas: a placa Arduino, sensores compatíveis com a placa Arduino e cabos de conexão, módulo de transmissão de dados, o sistema de captação e armazenamento de energia, alimentação dos componentes da estação e a estrutura.

4.2.1 Placa Arduino

A escolha da plataforma e a utilização da placa Arduino, se deu, pela pesquisa realizada em websites buscando qual a melhor forma de fazer com que o dispositivo de monitoramento seja capaz de coletar e transmitir os dados. Alguns pontos foram observados, principalmente em questão a quantidade de portas de conexão da placa possibilitando que todos os componentes (sensores) fossem ligados a ela, custo do produto, e a disponibilidade de conteúdos livres que permitiram estudar e programar a mesma para obter os dados com maior facilidade. Devido a isso, o grupo decidiu por usar a placa Arduino UNO R3 (Figura 10), cujo a fonte de alimentação da placa é externa, e sendo umas das mais utilizadas dessa nova geração o que facilitou encontrar material de estudo para desenvolver a programação.

Figura 10 – Placa Arduino R3



Fonte: Os autores, 2021

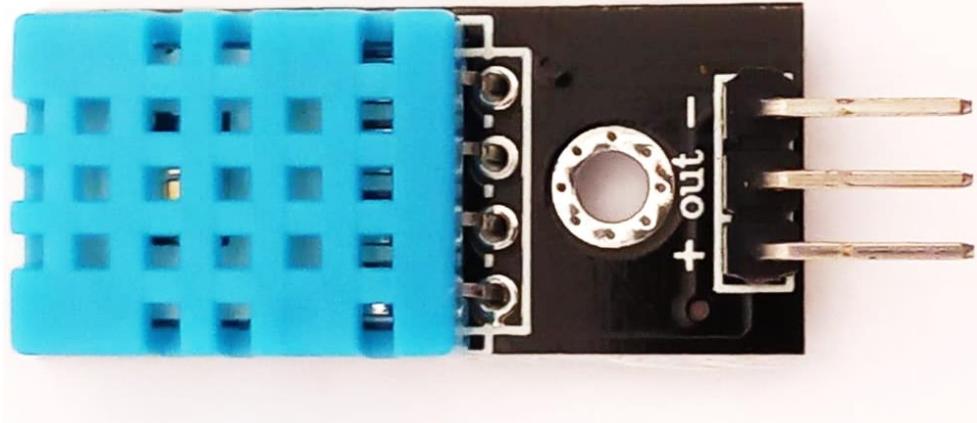
Esta placa também possui uma entrada de energia DC, possibilitando a integração do um sistema de alimentação proposto para este projeto com o objetivo de torná-lo independente.

4.2.2 Sensores e Cabos

A escolha dos sensores necessários para obtenção de dados neste projeto foi seguida com base na definição da placa a ser usada, visto que, os mesmos deveriam ser compatíveis a ela, além disso, optou-se por um sistema de baixo custo e com fácil acesso de conteúdo na web.

Para a coleta dos dados de temperatura ambiente em graus Celsius ($^{\circ}\text{C}$) e umidade relativa do ar em percentual (%), foi definido que o sensor ideal seria o DHT11 conhecido por termo-higrômetro (Figura 11), esse instrumento permite a medição destas duas variáveis com mesmo sensor.

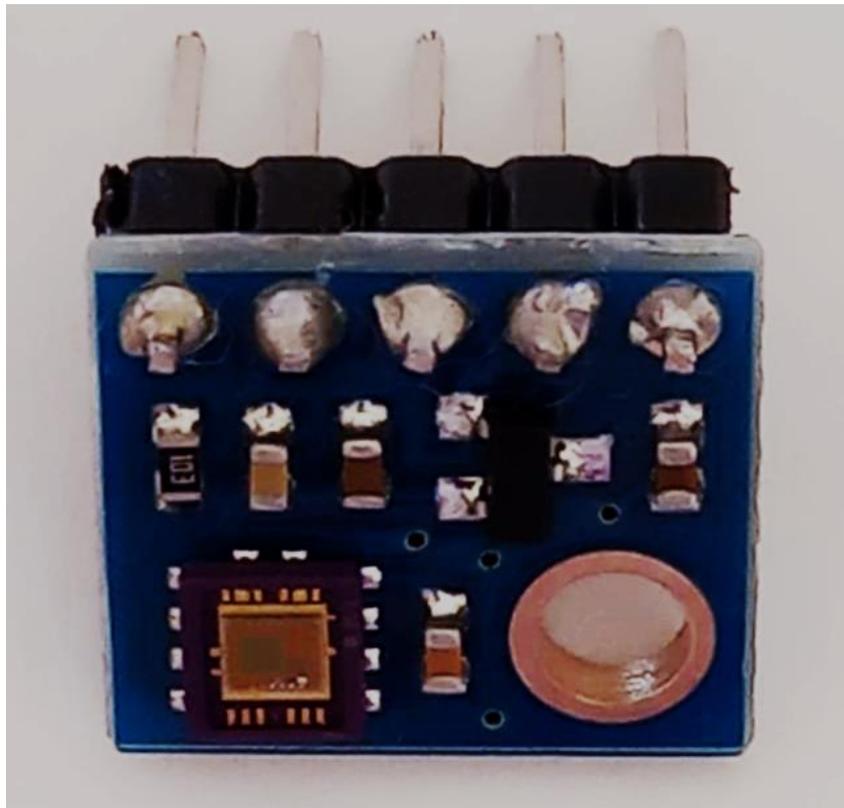
Figura 11 – Sensor DHT11 - sensor de temperatura e umidade relativa do ar



Fonte: Os autores, 2021

Para a coleta de dados referente a radiação (mH/cm^2), foi utilizado um sensor ML8511 (Figura 12), este que é um instrumento responsável por coletar dados referente a luz ultravioleta.

Figura 12 – Sensor ML8511 - sensor de luz ultravioleta

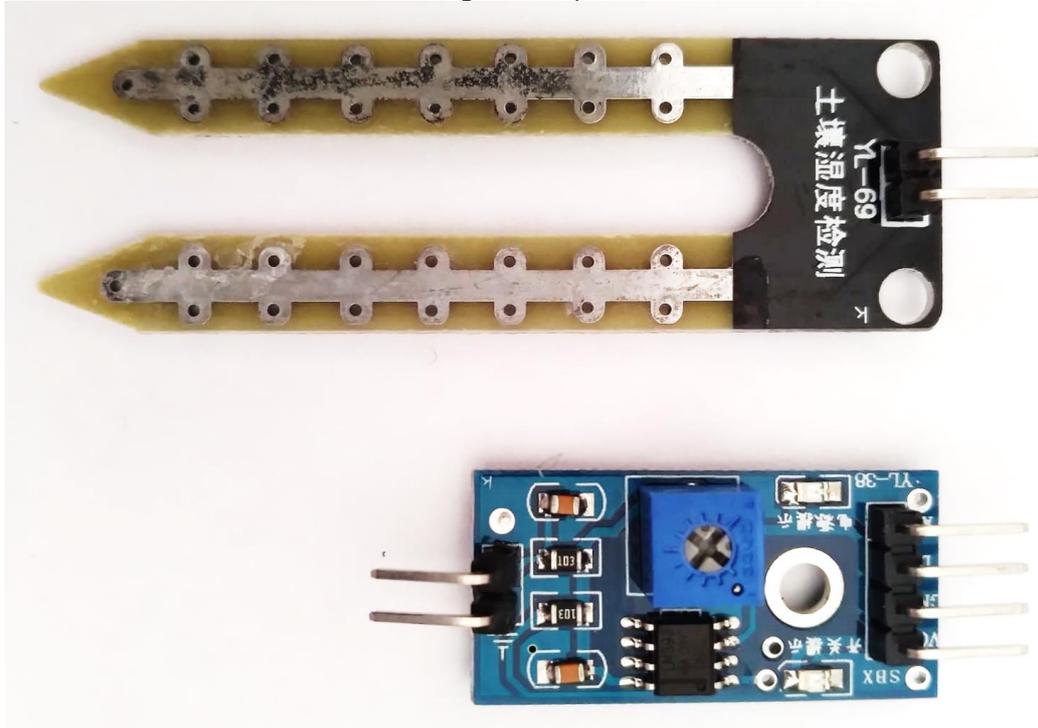


Fonte: Os autores, 2021

Como último sensor, para a coleta dos dados referentes a umidade, o grupo utilizou um sensor de umidade do solo - Higrômetro para Arduino (Figura 13), esse

que é o instrumento utilizado para medir a umidade presente no ar e que por sua vez não possui unidade mais seu status deve ser definido pelo grupo, variando de solo seco para solo totalmente úmido, essa condição deve influenciar diretamente na operação.

Figura 13 – Sensor de Umidade do Solo - Higrômetro para Arduino



Fonte: Os autores, 2021

Os cabos *Wire Jumper Fêmea-macho Protoboard* Arduino (Figura 14) são responsáveis por todas as conexões da placa, principalmente com os sensores. Os mesmos comprem funções como ligar e desligar o fluxo elétrico do sistema fazendo a ligação e transferência dos dados dos sensores para a placa.

Figura 14 – Cabos *Wire Jumper* Fêmea-macho *Protoboard* Arduino



Fonte: Os autores, 2021

O cabo USB (Figura 15), que é responsável por fazer a conexão da placa com o computador, permitindo que seja transmitido a placa os comandos e consequentemente o computador receba os dados dos sensores.

Figura 15 – Cabo USB 2.0 compatível com Arduino/Impressora



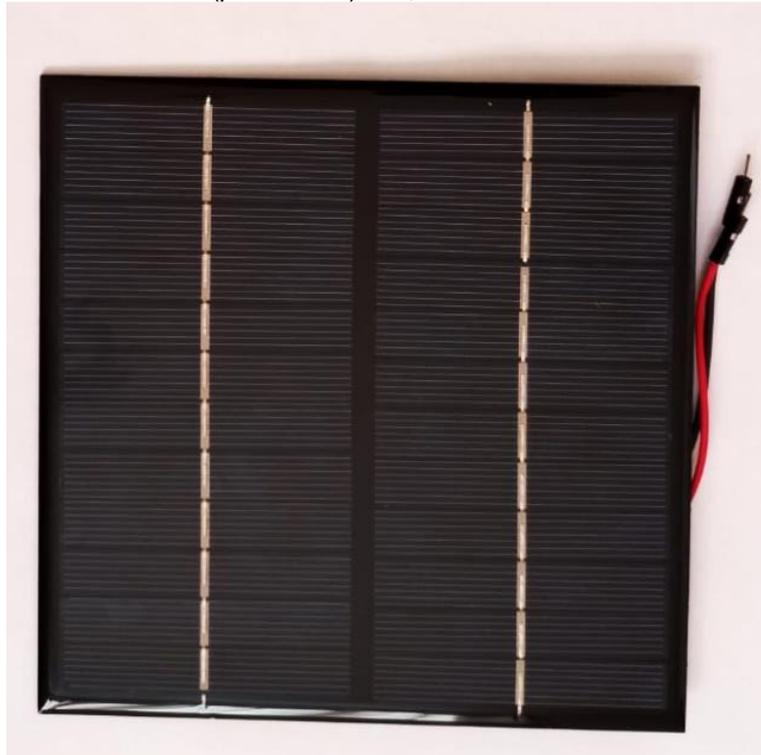
Fonte: Os autores, 2021

4.2.3 Sistema de Carga e Recarga

O sistema de carga e recarga conta com os equipamentos utilizados para a geração de energia, armazenamento e controle do mesmo, permitindo que o sistema opere de forma adequada nas condições corretas, não afetando a coleta dos dados.

Como gerador de energia, utilizou-se um mini painel Fotovoltaico (placa solar) 12v, 3w - 250mh (Figura 16), essa placa é responsável por gerar energia elétrica para o sistema e permitir que o mesmo seja instalado em lugares distantes já que não depende de uma rede elétrica via cabos.

Figura 16 – Mini painel Fotovoltaico (placa solar) 12v, 3w



Fonte: Os autores, 2021

Com o sistema de geração de energia e para armazenar o mesmo, utilizou-se Baterias de lítio 3,7V 6800mah (Figura 17), estas que são recarregáveis e compatíveis com o sistema.

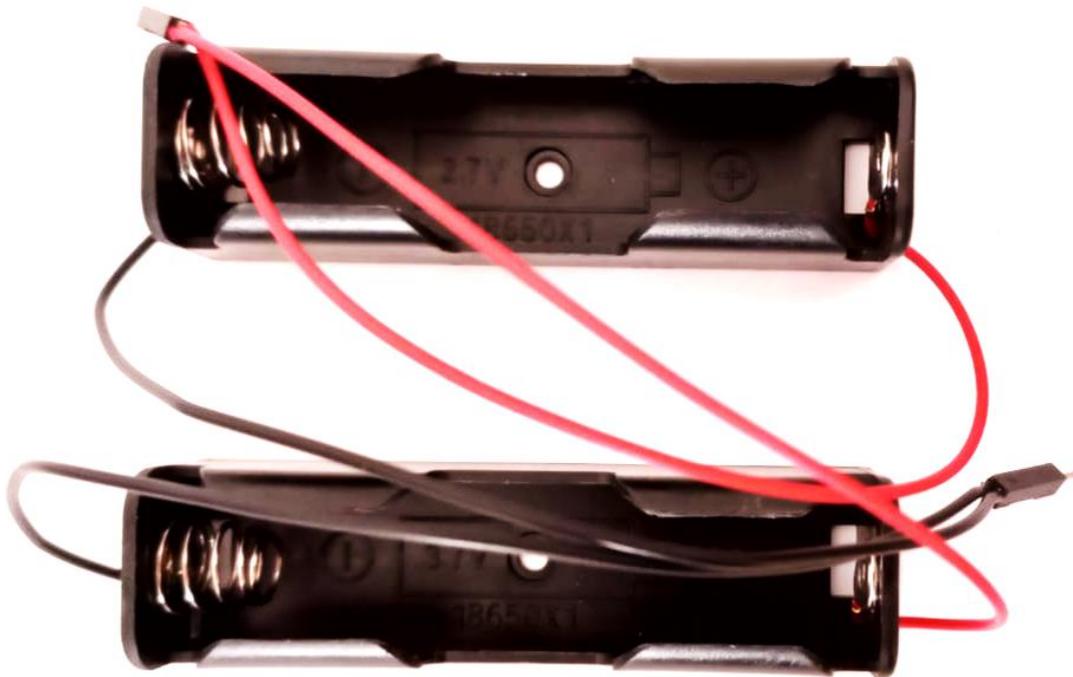
Figura 17 – Baterias de lítio 3,7V 6800mah



Fonte: Os autores, 2021

Para acomodar as baterias, foi utilizado um suporte para bateria de lítio 3,7V (Figura 18). Este que está conectado ao carregador solar, recebendo a energia elétrica e abastecendo as baterias.

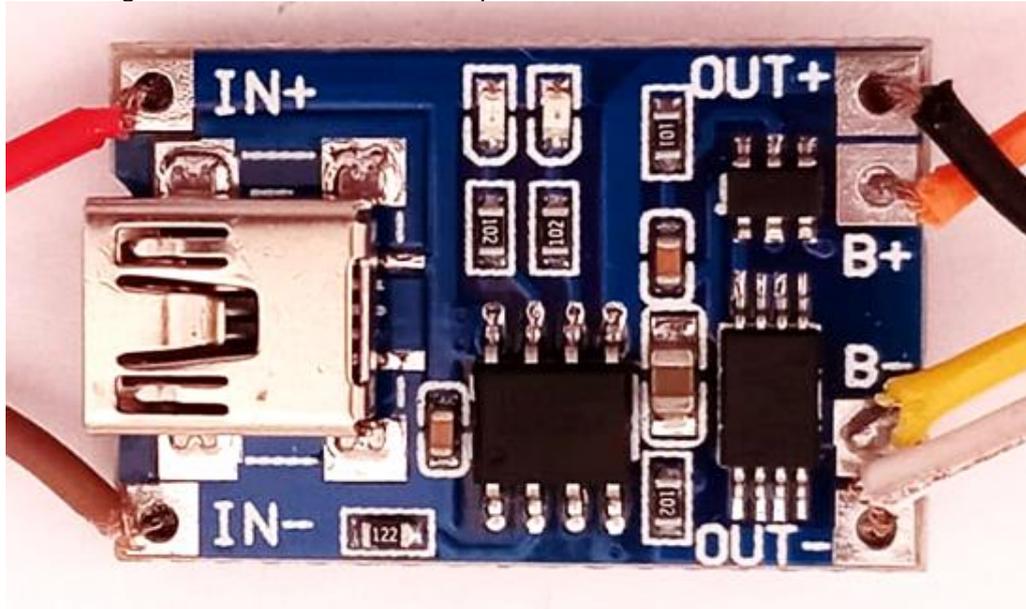
Figura 18 – Suporte para bateria de Lítio 3,7V



Fonte: Os autores, 2021

Para a ligação do sistema de geração de energia com a placa Arduino, utilizou-se um carregador solar de Baterias Lítio Tp4056 5v 1h (Figura 19). Ele que por sua vez está conectado com a placa solar, recebendo energia elétrica, com as baterias, transmitindo uma “sobra” e com o sistema, fazendo com que o mesmo esteja em funcionamento. Além disso, ela é responsável por proteger a bateria contra um possível excesso de carga.

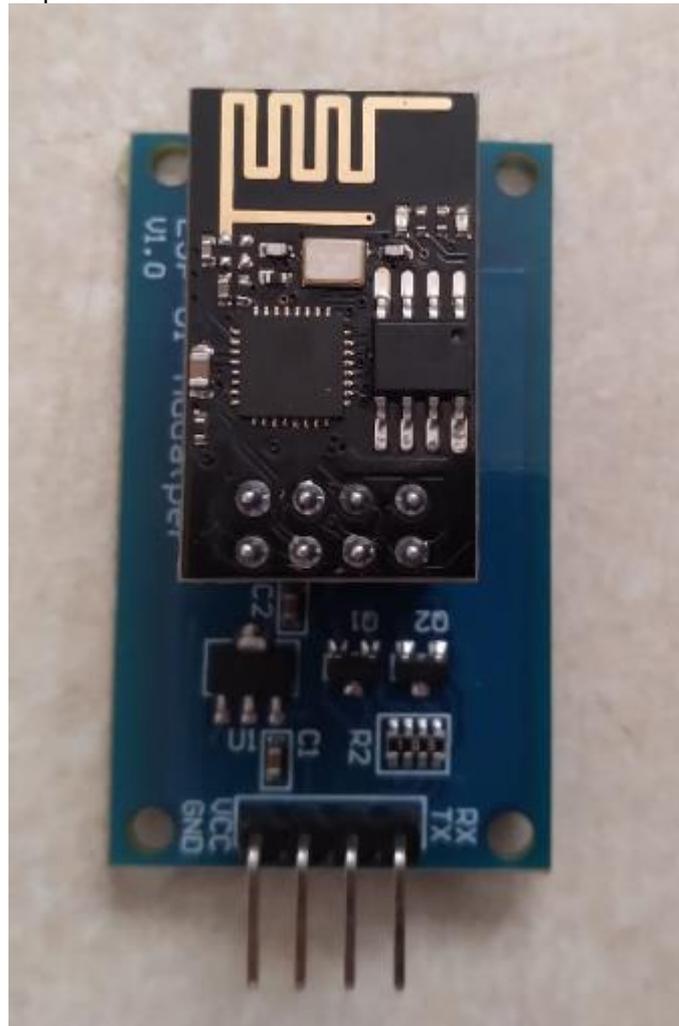
Figura 19 – Carregador solar de Baterias Lítio Tp4056 5v 1h



Fonte: Os autores, 2021

Para transmitir os dados processados pela placa Arduino e coletados pelos sensores foi necessário a utilização de um ESP01 (Figura 20), que é responsável por transmitir os dados coletados para o site onde se pode acessá-los e conferir os mesmos com atualizações constantes, junto com o ESP01 tem-se o adaptador que diminui a número de conexões com a placa possibilitando uma melhor organização do sistema.

Figura 20 – ESP01 e adaptador



Fonte: Os autores, 2021

Para acomodar os itens, tais como: a placa Arduino, cabos, carregador, bateria, transmissor, foi adquirido uma caixa De Passagem Sobrepor Elétrica 11x15x7 BC Transparente (Figura 21), esta tem por finalidade proteger esses itens das condições do tempo, já que os mesmos são componentes elétricos e sensíveis a umidade e muito calor.

Figura 21 – Caixa De Passagem Sobrepor Elétrica 11x15x7 BC Transparente



Fonte: Os autores, 2021

Com a definição de todos os itens que foram utilizados para a construção do dispositivo, foi possível organizar o sistema, assim como já apresentado, da mesma forma que segue relacionado na metodologia os itens estão apresentados na instrumentação, respeitando a sequência que o grupo utilizou para a montagem da estação.

4.3 COMPRA DOS MATERIAIS

Com a definição dos materiais, o grupo começou a adquirir os mesmos, pensando em custo e agilidade, todos os materiais passaram por uma análise, onde se buscou verificar menor custo conciliando com agilidade de entrega já que os mesmos foram adquiridos através de websites de compras online.

O quadro 2, que segue abaixo, apresenta os materiais utilizados, com sua respectiva quantidade e custo.

Quadro 2 – Relação de materiais adquiridos

Nº do Item	Descrição do Material	Quant.	Custo
1	Mini Painel Placa Energia Solar Fotovoltaica 12v 3w	1	R\$ 72,00
2	Carregador Baterias Lítio Tp4056 5v 1a 18650 - 0169	1	R\$ 12,90
3	Suporte Carregador Bateria 18650 3,7v - 0224	2	R\$ 27,80
4	Bateria de Lítio 3,7 V	1	R\$ 40,00
5	Arduino Uno R3	1	R\$ 49,90
6	Sensor De Umidade E Temperatura Dht11	1	R\$ 16,00
7	Sensor De Umidade Do Solo - Higrômetro Para Arduino	1	R\$ 12,90
8	Sensor Radiação Solar Ultravioleta UV MI8511 Arduino	1	R\$ 32,90
9	Cabo Wire Jumper 20cm Fêmea-macho	40	R\$ 17,50
10	Cabo USB 2.0 AB Compatível Com Arduino	1	R\$ 15,00
11	Esp-01 Wi-Fi Esp8266 + Adaptador	1	R\$ 33,00
12	Caixa Sobrepor Elétrica 11x15x7 BC Transparente	1	R\$ 24,90
13	Consumíveis	1	R\$ 10,00
14	Estrutura	1	R\$ 20,00
Total			R\$ 312,80

Fonte: Os autores, 2021

A relação do quadro 2, definida pelo grupo, apresenta o custo proporcional a construção de um modelo do dispositivo, da estação meteorológica, sabendo-se então o custo de cada item, calcula-se que o custo aproximado gasto para o desenvolvimento de um modelo está em torno de R\$ 312,80, desconsiderando mão de obra.

4.4 ESTUDO DO SOFTWARE (PROGRAMAÇÃO)

Para a realização da programação, o grupo precisou buscar informações e conhecimento em vídeo aulas e conteúdos encontrados em websites. Em primeiro, o grupo precisou fazer download e instalação do *software* Arduino (Figura 22). Os conteúdos encontrados permitiram que o grupo conhecesse a ferramenta, os comandos e a linguagem de programação Arduino.

Figura 22 – Software Arduino

```

Arduino | Arduino 1.8.12
Arquivo Editar Sketch Ferramentas Ajuda

ESP01
FIO VERMELHO - VCC
FIO PRETO - GND
O TX do esp8266(Fio Laranja) deve ser ligado no pino 0 do arduino
O RX do esp8266(Fio Amarelo) deve ser ligado no pino 1 do arduino
/* =====

//Biblioteca do Sensor de Temperatura e Umidade
#include <dht.h>
// =====

//Sensor de Umidade do solo
// --- Range de Umidade do Solo ---
#define L1 180
#define L2 182
#define L3 185
#define L4 188
#define L5 210

// --- Mapeamento de Hardware --- Umidade do solo
#define analogi A2
<

```

DOUT (compatible), 1MB (FS:64KB OTA:~470KB), 2, nonos-sdk 2.2.1+100 (190703), v2 Lower Memory, Disabled, None, Only Sketch, 115200 em COM7

Fonte: Os autores, 2021

Ao mesmo tempo em que se buscou-se conhecer a linguagem de programação Arduino, se desenvolveu a programação necessária para os sensores que foram escolhidos, bem como a respectiva coleta de dados.

4.5 PROGRAMAÇÃO E TESTE INDIVIDUAL DOS SENSORES

Inicialmente, com o conhecimento adquirido através de conteúdos sobre a programação Arduino, era um tanto limitada, foi necessário realizar a programação individual dos sensores como forma de aplicar e testar, buscando conhecer os sensores bem como se funcionassem de forma adequada.

Como organização da programação, foi iniciado os testes com o sensor de umidade relativa do ar e temperatura, este, por ser primeiro, o grupo enfrentou maiores dificuldades para realizar a programação e colocar em funcionamento, visto que era o

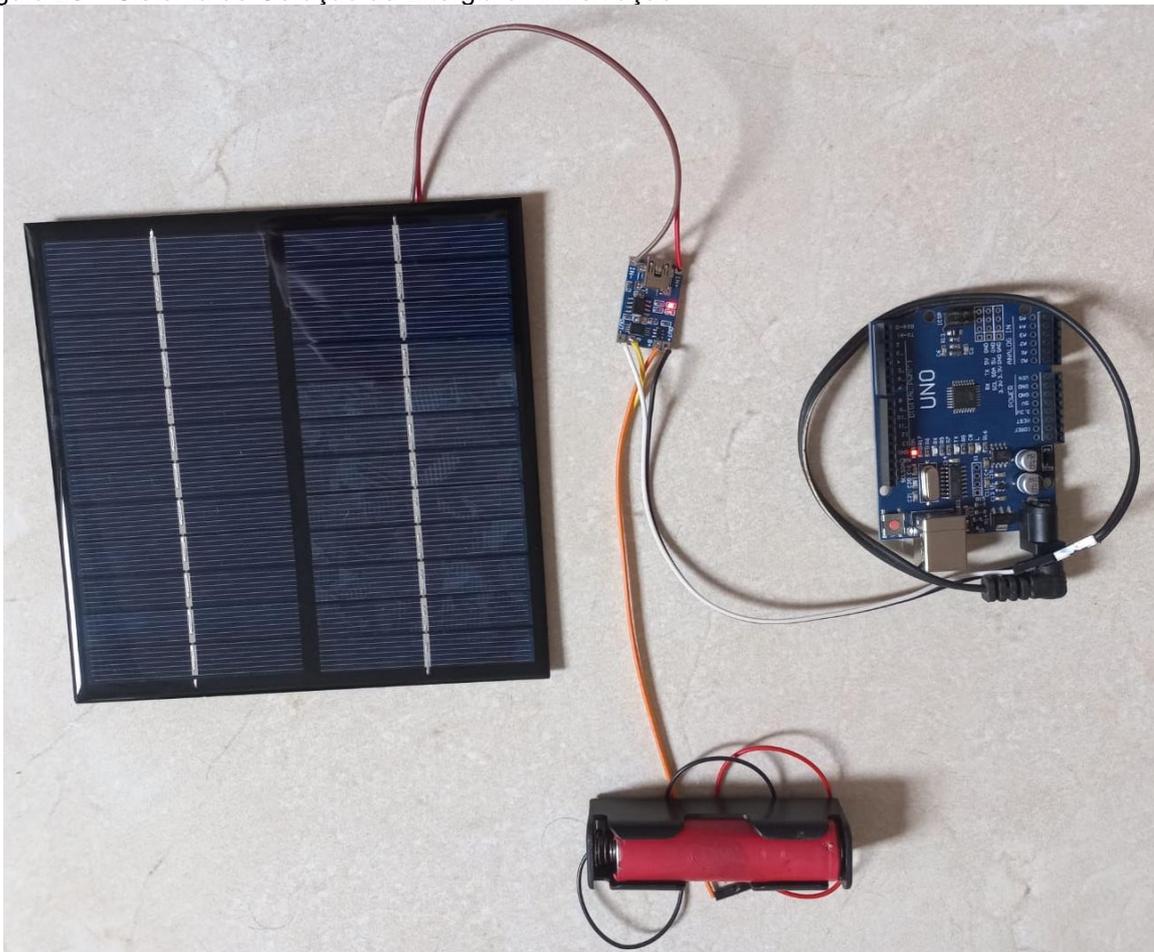
primeiro item a ser programado. Após, seguiu-se com a programação do sensor de umidade do solo e por último a programação do sensor de radiação UV.

O grupo conseguiu concluir que as programações de ambos os sensores estavam funcionando o que permitiu visualizar os dados no monitor serial do software Arduino das respectivas variáveis, porém de forma individual.

4.6 TESTE DE RECARGA DAS BATERIAS E ALIMENTAÇÃO DO SISTEMA

Nesta etapa, o grupo realizou a montagem somente do sistema de geração de energia e alimentação (Figura 23), colocando-o em funcionamento. Desta forma foi possível testar o tempo de recarga da bateria e as condições do tempo que influenciam no sistema de geração de energia.

Figura 23 – Sistema de Geração de Energia e Alimentação



Fonte: Os autores, 2021

Portanto, pode-se perceber que a placa solar, mesmo em dias nublados ou até mesmo com pouca chuva, durante o dia, é possível gerar energia fotovoltaica devido que as nuvens permitem a passagem da radiação, porém com menor intensidade, o

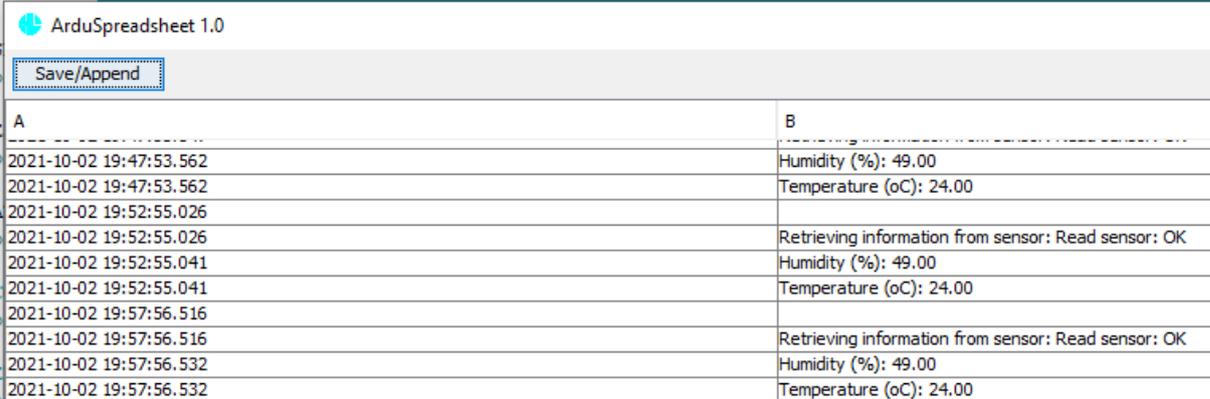
que permite que o sistema tenha mais autonomia, mesmo em períodos chuvosos, que não impactam o funcionamento e coleta de dados do mesmo.

Para teste de recarga, foi utilizado mais que uma bateria (quatro unidades), as mesmas estavam totalmente descarregadas. Para a carga completa das baterias, são necessários uma hora e trinta minutos, considerando, um dia ensolarado. Com a bateria fornecendo energia somente para a placa Arduino, teve uma autonomia de oito dias sem estar sendo recarregada.

4.7 OBTENÇÃO, TRATAMENTO E ANÁLISE DE DADOS DOS SENSORES

Os dados obtidos através dos sensores, foram salvos em planilha Excel. Com o auxílio da *ArduSpreadsheet* (Figura 24), ferramenta que pode ser instalada na plataforma Arduino, assim podendo fazer com que os dados sejam salvos em planilhas e posteriormente tratados.

Figura 24 – Ferramenta *ArduSpreadsheet*



A	B
2021-10-02 19:47:53.562	Humidity (%): 49.00
2021-10-02 19:47:53.562	Temperature (oC): 24.00
2021-10-02 19:52:55.026	
2021-10-02 19:52:55.026	Retrieving information from sensor: Read sensor: OK
2021-10-02 19:52:55.041	Humidity (%): 49.00
2021-10-02 19:52:55.041	Temperature (oC): 24.00
2021-10-02 19:57:56.516	
2021-10-02 19:57:56.516	Retrieving information from sensor: Read sensor: OK
2021-10-02 19:57:56.532	Humidity (%): 49.00
2021-10-02 19:57:56.532	Temperature (oC): 24.00

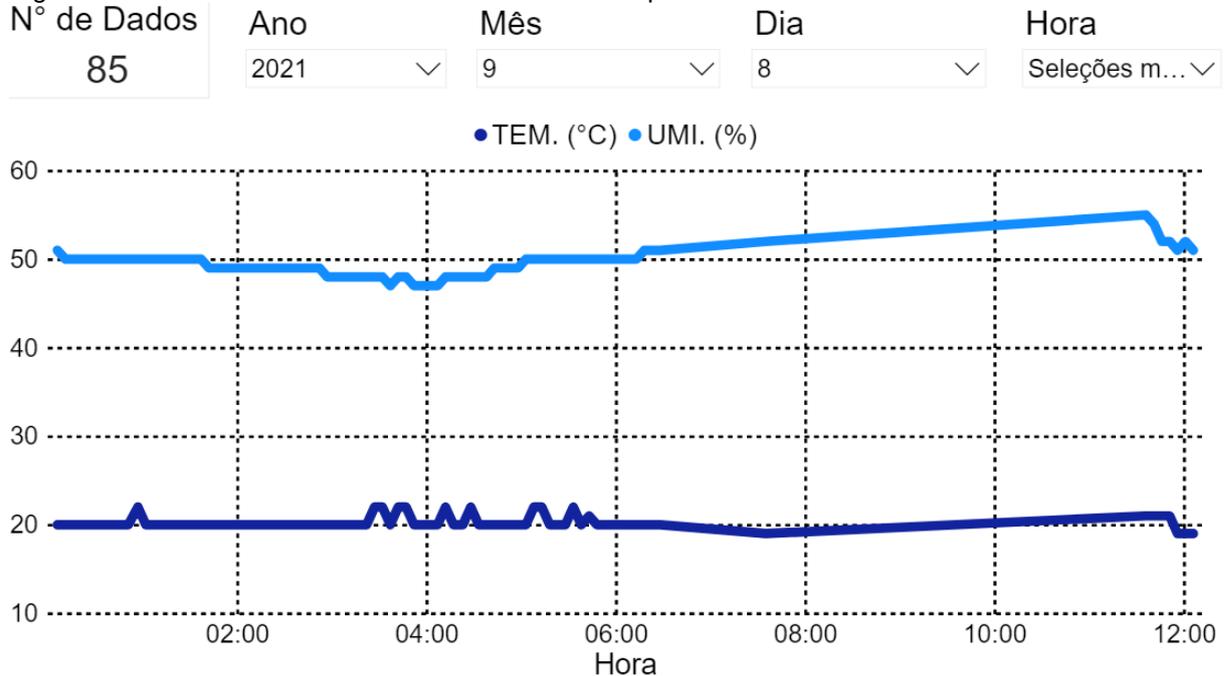
Fonte: Os autores, 2021

Com os dados dos sensores planilhados, foi utilizado o software Power BI Desktop, para integrar os dados em Excel e gerar um *Dashboard*, o qual possibilitou de forma gráfica, visualizar e analisar os dados. Para os dados de cada sensor foi gerado um *Dashboard* permitindo análise individual. O *Dashboard* permite a aplicação de alguns filtros tais como: dia, mês, ano, hora, supondo que os dados obtidos podem estar entre o intervalo de mais de um ano.

Apresentando na sequência já descrita, o primeiro sensor a ser testado foi de umidade relativa do ar e temperatura no qual teve um período de três dias. Na figura 25, que segue abaixo, temos os dados referente a esse sensor. Temos os dados de umidade relativa do ar e temperatura no decorrer do tempo em um determinado

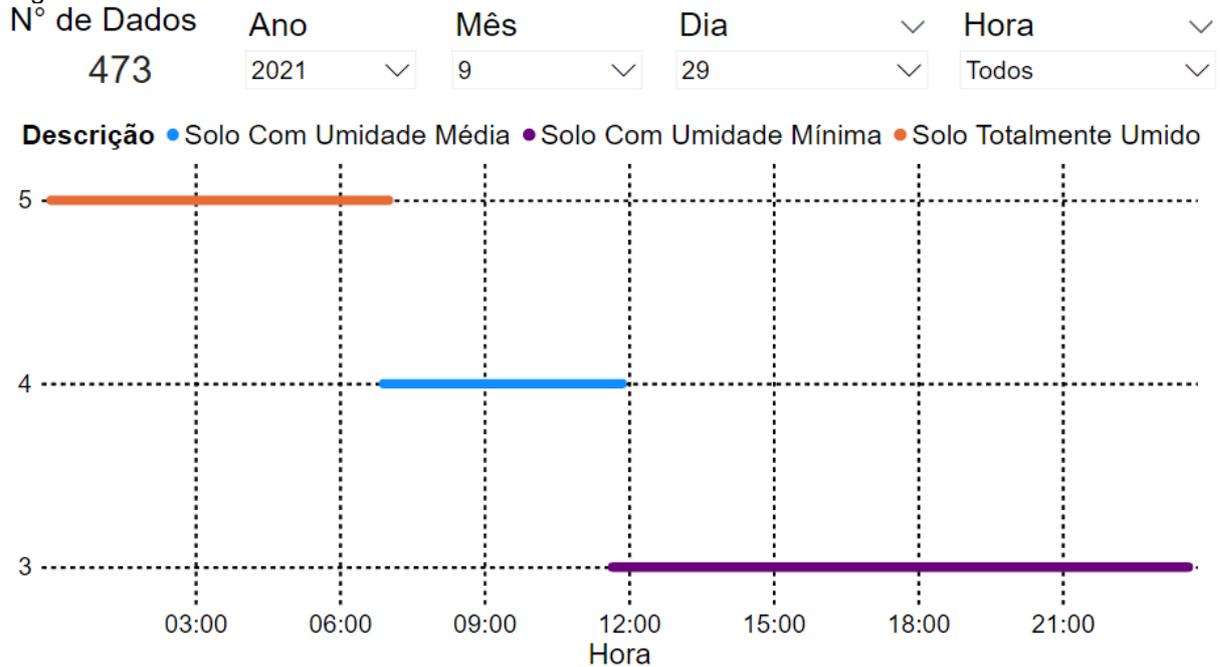
período selecionado. Essas medições, de ambas as variáveis, acontecem no mesmo instante.

Figura 25 – *Dashboard* - umidade relativa do ar e temperatura.



Fonte: Os autores, 2021

O segundo sensor a ser avaliado os dados e seguindo o mesmo modelo do sensor anterior, foi o de umidade do solo, no qual aconteceu em um período de dois dias. Para esse sensor em sua programação foi utilizado cinco níveis de temperatura, são eles: Solo Totalmente Úmido (nível 5), Solo com Umidade Média (nível 4), Solo com Umidade Mínima (nível 3), Solo Secando (nível 2) e Solo Seco (nível 1). Seguindo esses níveis na figura 26 é apresentado o *Dashboard* referente a esse sensor no período selecionado.

Figura 26 – *Dashboard* - umidade do solo

Fonte: Os autores, 2021

Por último, foi avaliado o sensor de radiação UV, seguindo os mesmos parâmetros dos sensores anteriores, foi analisado no período de três dias. O *Dashboard* apresentado na figura 27, demonstra a radiação UV em mW/cm², variando em relação ao tempo e referente ao período também selecionado.

Figura 27 – *Dashboard* - radiação UV

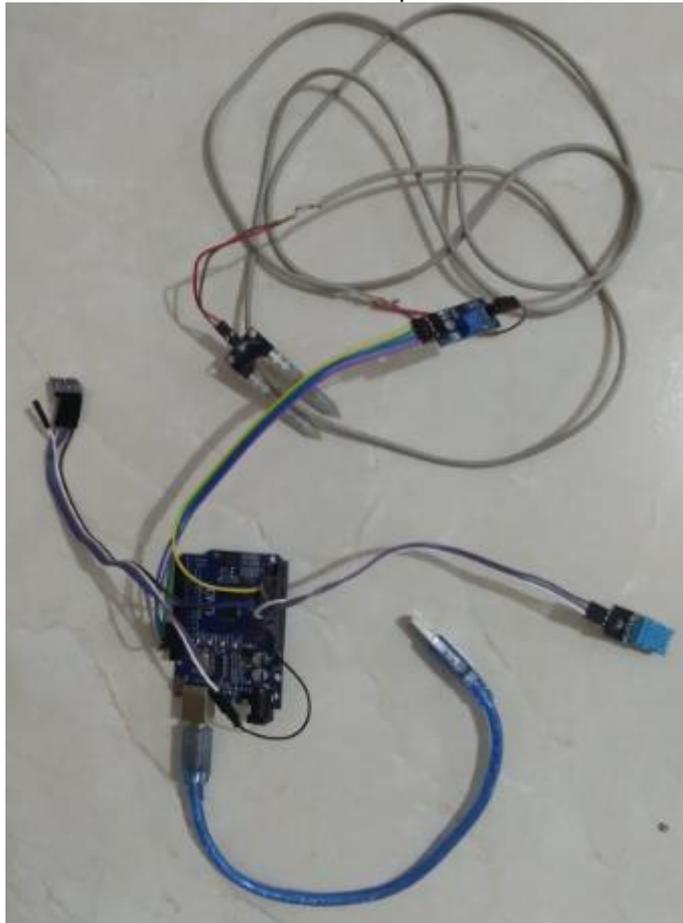
Fonte: Os autores, 2021

Com a apresentação desses três *Dashboard* das quatro variáveis que foram escolhidas para avaliar as condições do tempo, é possível perceber que os sensores são capazes de coletar e transmitir os dados por meio dos comandos da placa Arduino.

4.8 MONTAGEM DO DISPOSITIVO

Na primeira montagem foi realizada a união de todos os sensores na placa, com o cabo USB (Figura 28) conectado ao notebook. Essa verificação foi realizada pensando em analisar se a placa seria capaz de comportar os três sensores ao mesmo tempo. Levando em consideração que o sistema teria que operar com os três sensores, pode-se concluir que o mesmo atendeu aos objetivos, visto que foi possível obter dados dos três ao mesmo tempo.

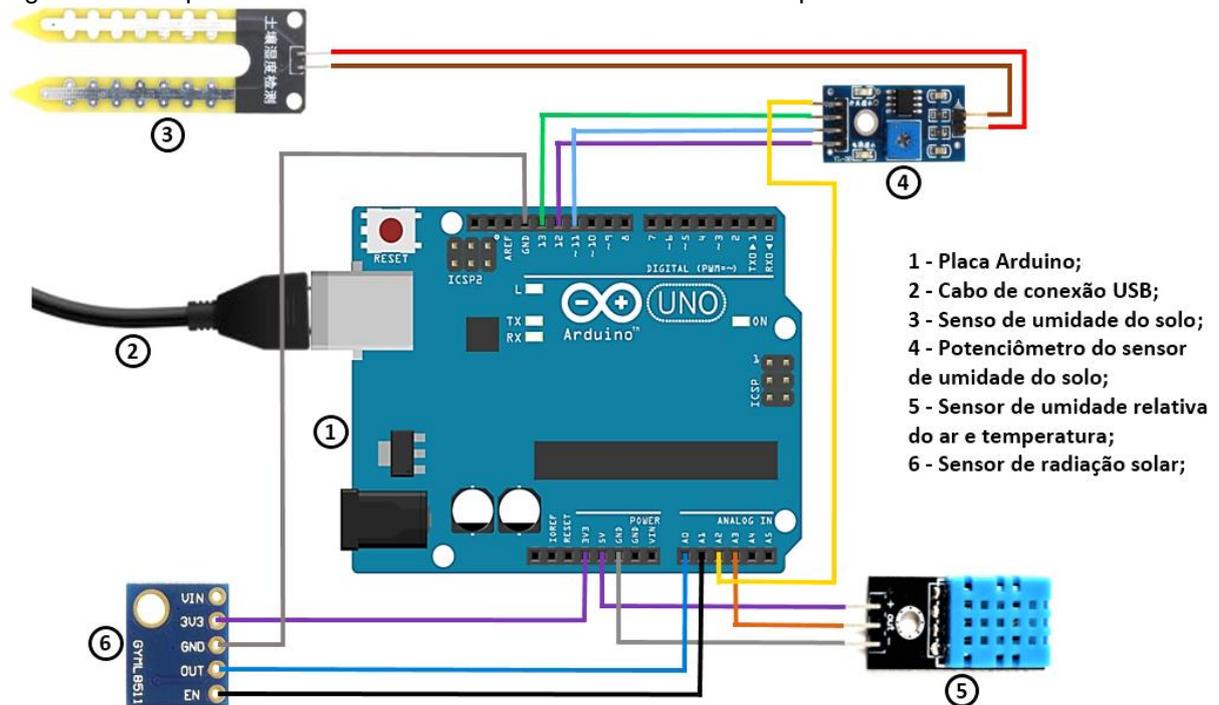
Figura 28 – Imagem da união dos três sensores com a placa Arduino



Fonte: Os autores, 2021

Após realizado o teste com componentes físicos, foi construído um esquema (Figura 29), onde é possível demonstrar de forma mais clara como foi realizado a montagem do sistema, placa Arduino com seus respectivos sensores.

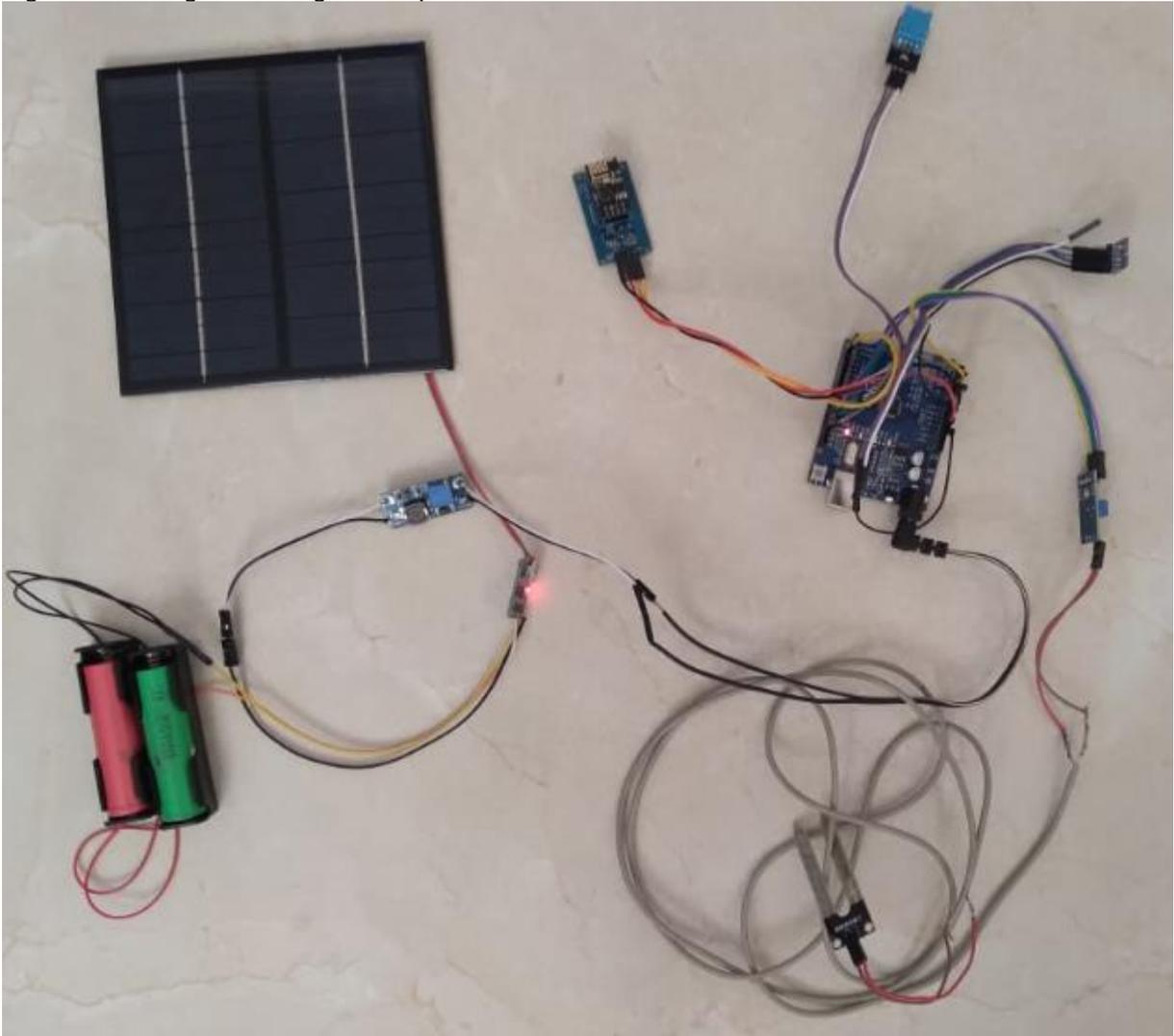
Figura 29 – Esquema eletrônico da união dos três sensores com a placa Arduino



Fonte: Os autores, 2021

Com o teste da união dos sensores, seguiu-se a montagem do sistema por completo, ou seja, contendo todos os componentes determinados desde o esboço do dispositivo que forma a estação de monitoramento. O sistema por completo (Figura 30), conta com a placa Arduino, os sensores, o transmissor de dados, a placa fotovoltaica, o carregador e as baterias que alimenta o sistema.

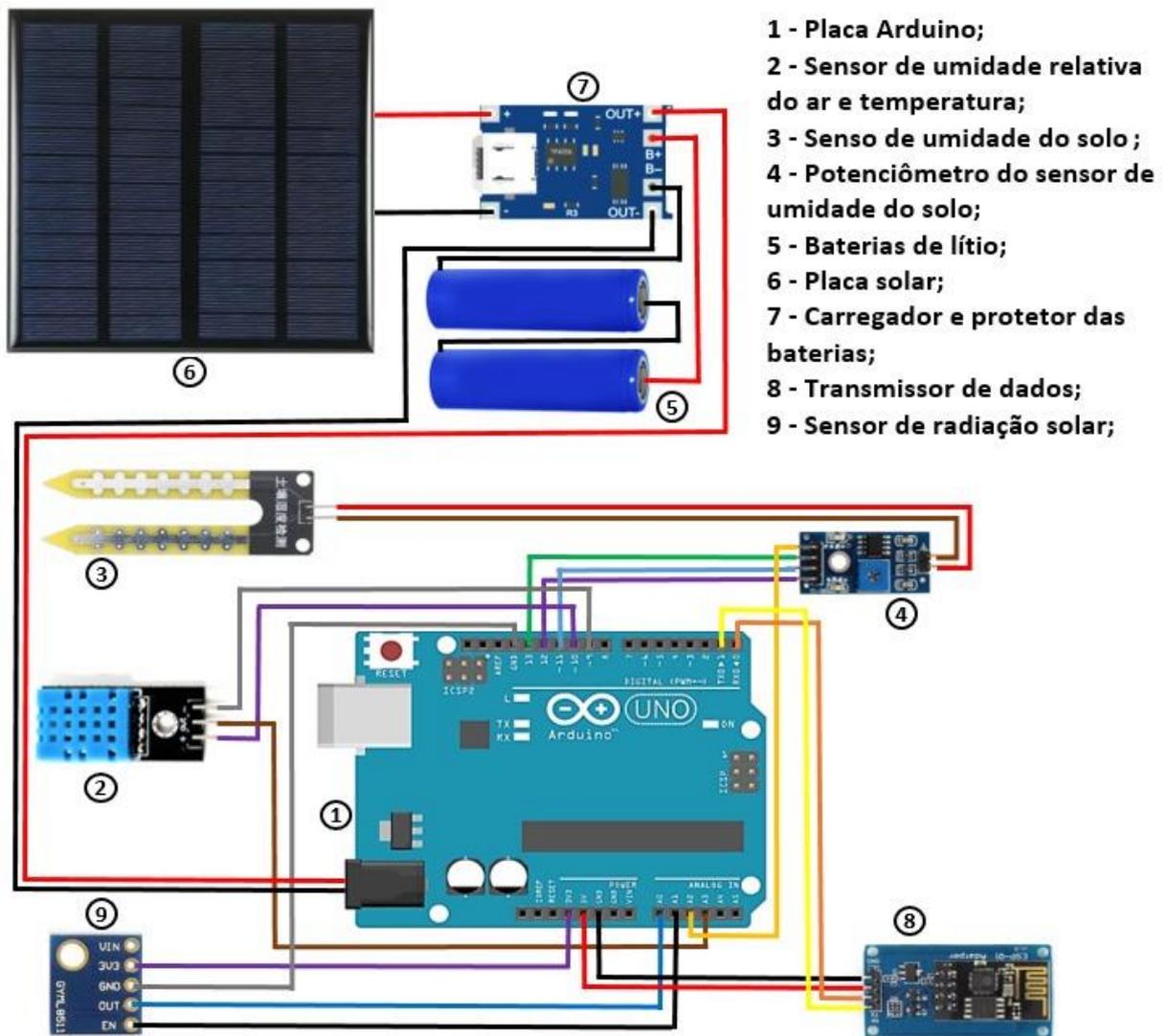
Figura 30 – Imagem Montagem completa do sistema de monitoramento



Fonte: Os autores, 2021

Seguindo a mesma linha do esquema só com sensores e placa, acima apresentado o esquema da montagem de todos os componentes, a figura 31, apresenta o esquema da montagem completa do sistema de monitoramento.

Figura 31 – Esquema de Montagem completa do sistema de monitoramento



Fonte: Os Autores, 2021

A figura apresentada acima com a apresentação de todo o sistema de monitoramento, mostra que os objetivos propostos pelo grupo foram atendidos, demonstrando que é possível realizar a programação de todo o sistema, ou seja, com todos os sensores coletando e transmitindo dados ao mesmo tempo.

Com a finalização da programação e montagem da mesma, pode-se concluir essa seção com a montagem final do dispositivo (Figura 32), em um suporte que conta com a caixa BC que acomoda a placa Arduino, bateria, transmissor, carregador, protegendo-os da chuva, e completando o sistema, junto com a caixa, tem-se a placa solar, responsável pela geração de energia do dispositivo.

Figura 32 – Dispositivo Montagem Final



Fonte: Os autores, 2021

A montagem do dispositivo na figura citada a cima demonstra o mesmo em sua configuração final em funcionamento.

4.9 PROGRAMAÇÃO DO DISPOSITIVO

Com a montagem do dispositivo finalizada, foi dado sequência no trabalho, com o desenvolvimento da programação, buscando transmitir os dados pelo *wi-fi* da rede doméstica.

Considerando todo o desenvolvimento do trabalho, essa foi uma das etapas onde o grupo encontrou maior dificuldade, devido a programação para a transmissão dos dados que demandou ainda mais a busca por conteúdos e informações referente a programação Arduino. Essa dificuldade se concentrou na ligação do módulo ESP01 com o *wi-fi*, conforme já citado, este que teve o objetivo de transmitir os dados dos sensores para uma página da web, permitindo que a mesma seja acessada por meio de um dispositivo móvel através de um IP interno.

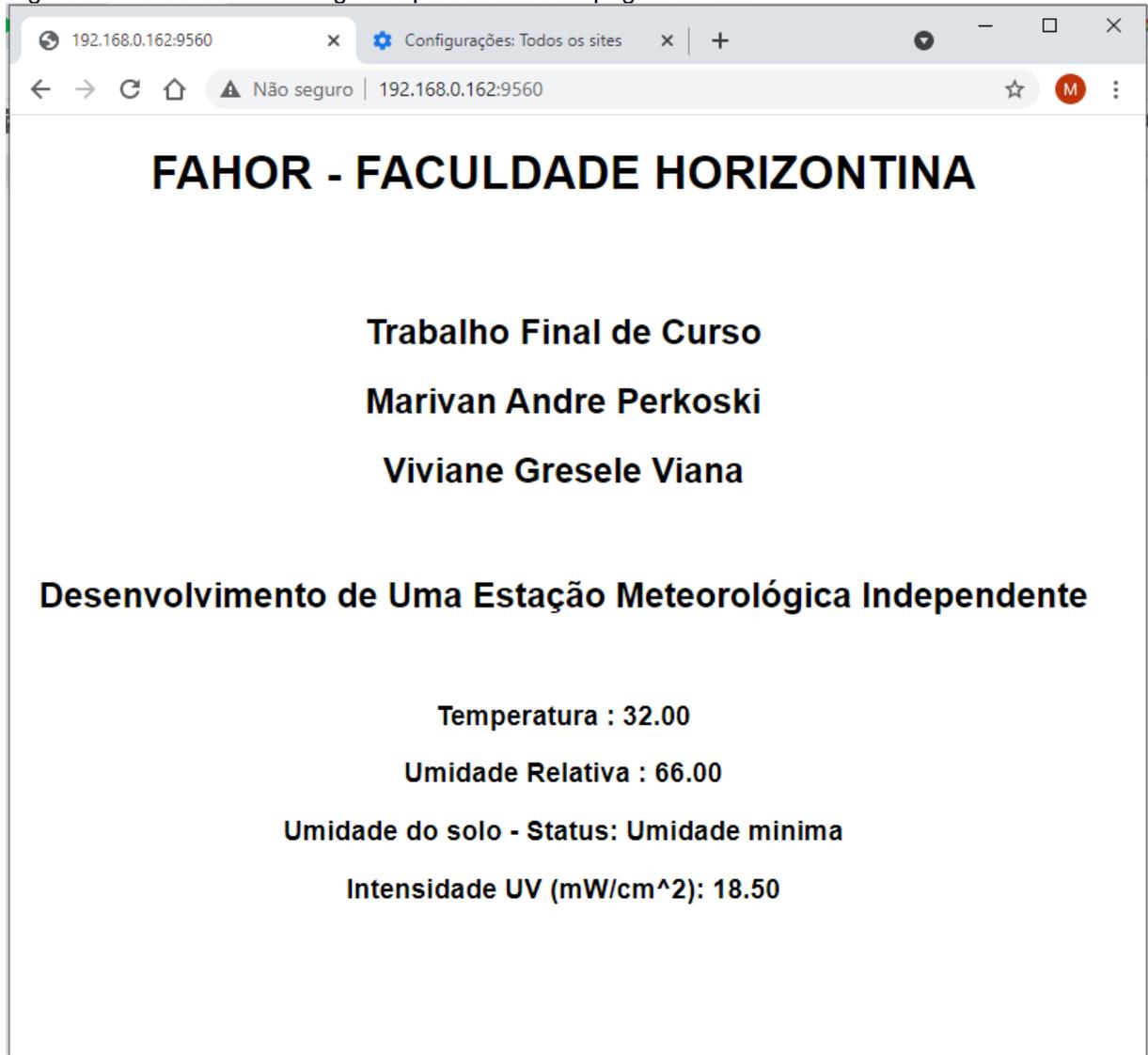
Com a programação concluída e a transmissão de dados finalizada com sucesso, conclui-se a seção de programação de todo o dispositivo para monitoramento de variáveis meteorológicas em áreas agrícolas.

4.10 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Nesta seção de apresentação e análise dos resultados obtidos, o grupo buscou demonstrar como os dados podem ser visualizados ao acessar a página na web (Figura 33).

A página é atualizada conforme acesso na mesma, ou seja, os dados são atualizados no instante em que a página é acessada. Conforme mostrado na figura, os dados são apresentados seguindo tal sequência: temperatura, umidade relativa do ar, umidade do solo e radiação UV.

Figura 33 – Dados Meteorológicos apresentados na página da web



Fonte: Os autores, 2021

Se a página é atualizada a cada acesso, é possível que o operador tenha dados atualizados no instante em que há necessidade, o que efetivamente comprova que pode auxiliar na tomada de decisão diante das atividades agrícolas.

4.11 PRÓXIMOS PASSOS

Esta seção foi definida, visto que a pretensão do grupo é que efetivamente a estação possa trazer benefícios para o agronegócio, para tanto, tem-se por objetivo dar continuidade no mesmo e para isso buscar melhorias. Abaixo seguem apresentados tópicos relacionados às propostas futuras sobre o presente trabalho:

- Testar a precisão dos sensores;

- Coletar dados em grandes períodos de tempo;
- Comparar dados coletados pelo sistema com uma fonte confiável, ou seja, que já coleta dados referente às condições do tempo;
- Comparar duas áreas com a mesma cultura, utilizando o auxílio do sistema para a tomada de decisão quanto ao melhor momento da aplicação de fertilizantes ou defensivos, para realizar comparação;
- Considerando que a aplicação do mesmo busca abranger áreas distantes, buscar melhorias do sistema em relação a transmissão de dados a longas distâncias;
- Melhorar a estação, complementando com mais variáveis de monitoramento de condições do tempo por meio de sensores;
- Desenvolver um aplicativo capaz de ser acessado tanto em computadores como em celulares.

Estas propostas foram levantadas pelo grupo, visto que podem ser desenvolvidas a partir do trabalho já realizado e buscando melhorar o sistema para que possa ser aplicado e utilizado no agronegócio em geral.

CONCLUSÃO

O principal objetivo do presente trabalho foi desenvolver um dispositivo para monitoramento das variáveis meteorológicas em áreas agrícolas. Para o desenvolvimento do dispositivo foi utilizado a plataforma Arduino para receber os dados dos sensores e transmiti-los para uma página na web, e como fonte de energia utilizou-se uma placa fotovoltaica permitindo ser instalada nas áreas distantes da propriedade. Definido o objetivo geral, os objetivos específicos abriram campo para as questões referente a apresentar um dispositivo que possa auxiliar o produtor rural na tomada de decisões referente às operações; utilizar a plataforma Arduino e sensores compatíveis para coletar e transmitir os dados; utilizar como gerador de energia, uma placa fotovoltaica; construir um modelo, testar e analisar a viabilidade do mesmo. Tanto o objetivo geral como os objetivos específicos foram atendidos com o desenvolvimento do trabalho. Com a definição e os conhecimentos buscados ao longo do desenvolvimento do referencial, foi possível estruturar o dispositivo da forma a qual se buscava, bem como testar e comprovar sua eficiência quanto a coleta e transmissão de dados. Como fonte de energia para o dispositivo, optou-se pela utilização de uma placa fotovoltaica. A mesma permitiu independência do dispositivo, uma vez que pode ser instalado em áreas distantes das propriedades, permitindo um monitoramento a longas distâncias.

Para o funcionamento das informações, coleta e transmissão, utilizou-se a plataforma Arduino, juntamente com os sensores compatíveis ao mesmo. Os sensores escolhidos e definidos coletaram informações referente às condições climáticas nas seguintes variáveis: umidade relativa do ar, umidade do solo, radiação solar e temperatura. Estes dados coletados foram transmitidos para uma página na web, onde a mesma, atualizada, em tempo real atualiza com novas informações.

Para acomodar todos os componentes, utilizou-se uma caixa de acrílico e se desenvolveu uma estrutura básica, pensando em um modelo para quando instalada em uma área agrícola.

Levando em consideração as hipóteses do projeto, pode-se concluir que é possível construir um sistema de geração de energia que permita independência do dispositivo, além disso, que a plataforma Arduino realmente permitiu ser possível coletar os dados e transmiti-los para uma página na web. Portanto todos os objetivos foram atendidos com êxito.

O desenvolvimento desse projeto permite abrir portas para novos estudos principalmente na avaliação a campo, ou seja, instalar o dispositivo e acompanhar o ciclo completo de uma cultura, com e sem dispositivo, permitindo fazer a análise real dos benefícios do dispositivo da produção final e respectivamente no lucro. Também seria relevante a aplicação de mais sensores, aumentando a qualidade do monitoramento bem como desenvolver um aplicativo que seja capaz de apresentar esses dados. Relevante destacar que os números precisam ser auditados, usando dados de fontes confiáveis, ou seja, locais onde já existe a coleta dos dados referente às condições climáticas e que são base de informação para todos.

Concluindo, o presente trabalho apresentou um dispositivo que com o aprimoramento de variáveis bem como adequações para melhorar sua estrutura e sistema, é possível apresentar um sistema inovador para o agronegócio capaz de auxiliar o produtor em suas operações.

REFERÊNCIAS

ATAIDE, Eduardo de Oliveira. **Baterias recarregáveis**. Monografia, Faculdade de Engenharia Elétrica, Universidade São Francisco, Campinas, 2010. Disponível em: <http://lyceumonline.usf.edu.br/salavirtual/documentos/1970.pdf>. Acesso em: 10 jul. 2021.

AYOADE, J. **Introdução a climatologia para os trópicos**. 4. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996. Disponível em: https://www2.ifmg.edu.br/governadorvaladares/pesquisa/laboratorio-de-climatologia/livros/ayoade-j-o-_introducao_a_climatologia_para_os_tropicos.pdf. Acesso em: 11 abr. 2021.

BRASIL. PRESIDENCIA DA REPUBLICA. **Lei n. 7.802, de 11 de julho de 1989**. 1989. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l7802.htm. Acesso em: 5 maio 2021.

CAVALCANTE, Marisa Almeida; TAVOLARO, Cristiane Rodrigues Caetano; MOLISANI, Elio. Física com Arduino para iniciantes. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 33, n. 4, p. 1-9, 2011. Disponível em: <http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/334503.pdf>. Acesso em: 2 jun. 2021.

CNA. **Panorama do Agro**. 2021. Disponível em: <https://www.cnabrazil.org.br/cna/panorama-do-agro>. Acesso em: 20 jun. 2021.

CUNHA, D. C.; SANTOS, P. H. F.; FREITAS, D. A. C. Energia solar fotovoltaica no Brasil. **Núcleo do conhecimento**, nov. 2018. Disponível em: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-eletrica/energia-solar>. Acesso em: 2 jun. 2021.

DENARDIN, Matheus D'Avila. **Geração descentralizada de energia fotovoltaica no estado do Rio Grande do Sul**. Dissertação (Mestrado em Engenharia civil e ambiental) – Faculdade de Engenharia e Arquitetura, Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo: UPF, 2016. Disponível em: <http://tede.upf.br/jspui/bitstream/tede/1401/2/2016MatheusDavilaDenardin.pdf>. Acesso em: 2 jun. 2021.

ESPEJO, Shirley Carla Chamby; HIDEO JUNIOR, Oswaldo Ando. Estação meteorológica automática baseada em internet das coisas (IoT). **Revista Brasileira de Iniciação Científica (RBIC)**, Itapetininga, v. 7, n.2, p. 107-118, 2020. Disponível em: <file:///C:/Users/Lilian/Downloads/1730-6465-1-PB.pdf>. Acesso em: 10 jul. 2021.

FERREIRA, Maria Leonor Paes Cavalcanti. **A regulação do uso dos agrotóxicos no Brasil: uma proposta para um direito de sustentabilidade**. Tese (Doutorado em Direito) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis: UFSC, 2013.

LONDRES, Flavia. **Agrotóxicos no Brasil: um guia para ação em defesa da vida**. Rio de Janeiro: Assessoria e Serviços a Projetos em Agricultura Alternativa, 2011. Disponível em: <https://br.boell.org/sites/default/files/agrotoxicos-no-brasil-mobile.pdf>. Acesso em: 5 maio 2021.

MARQUES, R. C.; KRAUTER, S. C. W.; LIMA, L. C. de. Energia solar fotovoltaica e perspectivas de autonomia energética para o nordeste brasileiro. **Rev. Tecnol. Fortaleza**, v. 30, n. 2, p. 153-162, dez. 2009. Disponível em: <https://periodicos.unifor.br/tec/article/viewFile/1049/4494>. Acesso em: 8 maio 2021.

MENDES, Paulo Cesar de Souza. **Caracterização de um sensor para medição de umidade do solo com termo-resistor a temperatura constante**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica), Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2006. Disponível em: <http://www.ppgee.eng.ufba.br/teses/ac6732a9863784f9755479cd130662e4.pdf>. Acesso em: 9 jul. 2021.

MICHELINI, Aldo. **Baterias recarregáveis para equipamentos portáteis**. Cotia: S.T.A. – Sistemas e Tecnologia Aplicada Ind. Com. LTDA, 2017. Disponível em: <https://www.sta-eletronica.com.br/resources/downloads/ebookbateriasrecarregaveis2.pdf>. Acesso em: 10 jul. 2021.

MIGUEL, J. C. H.; ESCADA, P.; MONTEIRO, M. Políticas da meteorologia no Brasil: trajetórias e disputas na criação do CPTEC. **Revista Brasileira de História da Ciência**, Rio de Janeiro, v. 9, n. 1, p. 36-50, jan./jun 2016. Disponível em: https://www.sbh.org.br/arquivo/download?ID_ARQUIVO=2781. Acesso em: 13 maio 2021.

MONK, Simon. **Programação com Arduino: começando com Sketches**. Porto Alegre: Bookman, 2013.

MORAES, Rodrigo Fracalossi de. Agrotóxicos no Brasil: padrões de uso, política da regulação e prevenção da captura regulatória. **Texto para discussão**, Brasília, v. 2506, p. 1-84, set. 2019. Disponível em: http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/9371/1/td_2506.pdf. Acesso em: 2 jun. 2021.

PRAÇA, Fabíola Silva Garcia. Metodologia da pesquisa científica: organização estrutural e os desafios para redigir o trabalho de conclusão. **Revista Eletrônica “Diálogos Acadêmicos”**. v. 8, n. 1, p. 72-87, jan./jul., 2015. Disponível em: http://uniesp.edu.br/sites/_biblioteca/revistas/20170627112856.pdf. Acesso em: 10 jul. 2021.

QUEIROZ, Wagner Rodrigues de Oliveira. SOUSA, Wanderson Quaresma de. A importância da plataforma arduino no meio acadêmico. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**. Ano 3, n. 8, v. 12, p. 123-133, ago. 2018. Disponível em: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-eletrica/meio-academico>. Acesso em: 19 jul. 2021.

RADIN, Bernadete; MATZENAUER, Ronaldo. Uso das informações meteorológicas na agricultura do Rio Grande do Sul. **Agrometeoros**, Passo Fundo, v. 24, n. 1, p.41-54, out. 2016. Disponível em: file:///C:/Users/Lilian/Downloads/2_RADIN%20E%20MATZENAUER.pdf. Acesso em: 10 jul. 2021.

VALLÊRA, António M.; BRITO, Miguel Centeno. Meio século de história fotovoltaica. **Gazeta de Física**, p. 10-15, 2006. Disponível em: <https://solar.fc.ul.pt/gazeta2006.pdf>. Acesso em: 8 maio 2021.

WENDLING, Marcelo. **Sensores**. Guaratinguetá: UNESP, 2010. Disponível em: <https://www.feg.unesp.br/Home/PaginasPessoais/ProfMarceloWendling/4---sensores-v2.0.pdf>. Acesso em: 19 jul. 2021.