

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO RIO
GRANDE DO NORTE
CAMPUS AVANÇADO LAJES
COORDENAÇÃO DE EXTENSÃO, PESQUISA E INOVAÇÃO – COEXPEIN
PRÁTICA PROFISSIONAL – RELATÓRIO FINAL DE PROJETO DE
PESQUISA/EXTENSÃO**

**Sistema de Medição e Monitoramento em tempo real de Eficiência
Energética para Equipamentos de TIC**

Brenda Michelle Gomes da Silva
Orientadora: Prof^ª. Ma. Katiúscia Lopes dos Santos
Co-orientador: Eng. Elton da Silva Freitas

Sistema de Medição e Monitoramento em tempo real de Eficiência Energética para Equipamentos de TIC

Brenda Michelle Gomes da Silva

Relatório referente à prestação de contas do Projeto de Pesquisa/Extensão Sistema de Medição e Monitoramento “em tempo real” de Eficiência Energética para Equipamentos de TIC, do Edital nº 04/2020 - PROPI/RE/IFRN - Projetos de Pesquisa e Inovação com Fomento - Edital de Pesquisa, corrigido pelo orientador Katiuscia Lopes dos Santos, alusivo ao cumprimento da Prática Profissional:

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	5
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	8
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	10
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	21
5. CONCLUSÕES.....	25
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	27
7. INDICADORES DE PRODUÇÃO.....	28

RESUMO

Ao longo dos anos, a energia necessária para alimentar equipamentos de TIC (Tecnologia da Informação e Comunicação) continuou a aumentar, aumentando assim os custos operacionais e as emissões de carbono. As emissões de CO₂ de equipamentos de TIC estão crescendo a uma taxa de 6% a cada ano e serão responsáveis por 12% das emissões globais até 2020. Portanto, a demanda por soluções de eficiência energética continua crescendo. Para diagnosticar o consumo de energia de equipamentos de TIC, deve haver um sistema de medição e monitoramento do consumo de energia, portanto, o objetivo deste projeto de pesquisa é desenvolver um sistema de aquisição de dados (DAQ) para monitoramento de eficiência energética IFRN Campus Lajes. Os equipamentos ICR possibilitam a visualização e o monitoramento em tempo real do consumo de energia e auxiliam na formulação de medidas eficazes para melhorar a eficiência energética do equipamento. O sistema de monitoramento será composto por um dispositivo de aquisição de dados Arduino®, que recebe sinais analógicos de corrente e tensão coletados pelos sensores. Esses sinais são processados de uma maneira que pode ser processada pelo Arduino®. Após o processamento desses sinais, os dados serão enviados ao computador e à estação base no smartphone via conexão Ethernet, e depois visualizados pelo monitor serial no próprio IDE do Arduino no computador e pelo aplicativo Android no smartphone. Ao final do projeto, teremos um sistema de monitoramento para auxiliar os usuários na tomada de decisões sobre a eficiência energética dos equipamentos de TIC do campus IFRN Lajes.

1. INTRODUÇÃO

O receio com a demanda energética e seus resultados para o meio ambiente iniciou-se ainda na década de 70, começando nas primeiras crises de petróleo. Após outubro de 1973, o preço do barril quase quadruplicou, crescendo significativamente os preços e formando uma intensa crise no setor. Até aquele tempo não havia políticas públicas ou governamentais que interferissem ou regulamentassem o consumo energético. O que ocorreu após este período foi o emprego em larga escala de normas com força de lei visando a contenção de consumos energéticos e políticas de fomento buscando este mesmo fim. Seguindo esse princípio as soluções energéticas seguiram alguns aspectos básicos, que é visto principalmente nos dias de hoje.

- Empenho pela diminuição do uso energia oriundos de combustíveis fósseis e maior uso de tecnologias e energias renováveis;
- Aumento da eficiência energética em toda a cadeia produtiva de energia (desde a extração e produção até o consumo em massa);
- Propor mudanças no setor produtivo como um todo, visando ao aumento de eficiência no uso de materiais, transporte e combustíveis;
- Desenvolver tecnologia para o setor energético, buscando alternativas viáveis e positivas para o meio ambiente;
- Estímulo ao uso de produtos menos poluentes;

Criação e normatização de políticas energéticas que propiciem a formação de mercados para tecnologias ambientalmente sustentáveis que incorporem custos ambientais de alternativas não sustentáveis. (Silva, 2017).

A necessidade de energia para alimentar os sistemas de tecnologia da informação e comunicação (TIC) tem aumentado ao longo dos anos, elevando os custos operacionais e a emissão de carbono. Os Equipamentos de TIC têm uma contribuição significativa nos gastos de energia. Isto gera uma crescente demanda por soluções de eficiência energética, e diversas soluções para economizar energia têm sido propostas (Santos, 2018).

Os *datacenters*, por exemplo, são fortes consumidores de energia elétrica e isso vem crescendo ao longo dos anos. De acordo com a demanda crescente, aumenta também a necessidade de um gerenciamento correto de sua utilização energética. De acordo com o relatório da Emerson Network Power (DATACENTER DYNAMICS, 2016), 80% dos custos anuais do *datacenter* vêm de custos operacionais e de energia, o que na prática pode gerar um bom desperdício de recursos caso haja má adequação dos serviços, espaços físicos ou *hardwares*. De maneira ainda

mais grave, dependendo do tipo de fornecimento de energia, a utilização desnecessária pode contribuir para uma maior emissão de gases de efeito estufa na atmosfera. Por isso é tão importante monitorar e evitar desperdícios de energia (Silva, 2017).

A demanda de energia dos *datacenters* pode ser dividida em dois tipos: recursos computacionais e recursos físicos. O consumo de energia dos recursos computacionais é cerca de 50% do consumo total de energia, dos quais 40% são gastos pelos servidores; 5% pelos equipamentos de comunicação e 5% pelos dispositivos de armazenamento. Já nos recursos físicos, o consumo de energia dos sistemas de refrigeração representa cerca de 40% do consumo total de energia, e os sistemas de fornecimento de energia, entre outros fatores, representam cerca de 10% (Santos, 2018).

A eficiência energética de um *datacenter* gira em torno de 50%, ou seja, de 100% de energia que é fornecida ao *datacenter*, somente 50% é destinada a carga de TIC. Em média, 50% dessa energia, é consumida antes de chegar à carga de TIC, pelos equipamentos de conversão e distribuição de energia, e pelos equipamentos de refrigeração, ocasionando altas contas de energia, um grande impacto ambiental e a insuficiência de atender racks de equipamentos (Santos, 2018).

Para elevar a eficiência do *datacenter*, é necessário melhorar a eficiência dos recursos físicos, que são os equipamentos de conversão de energia e arrefecimento do ambiente, e melhorar a eficiência dos recursos computacionais, que são as próprias cargas de TIC.

Para ter um diagnóstico deste gasto energético oriundos dos Equipamentos de TIC, faz-se necessário um sistema de medição e monitoramento desse gasto energético. Existem vários tipos de sistemas que podem ser utilizados para a medição e o monitoramento do gasto energético. Os mais avançados são denominados de medidores inteligentes, ou *Smart Meters*. Estes medidores são capazes de disponibilizar informações mais detalhadas do que os medidores convencionais, o que permite ao usuário um controle mais eficaz do gasto com energia elétrica. Assim, estes novos medidores, não só contribuem com o controle dos gastos e custos energéticos, como também fornecem informações para as ideias de melhorias da eficiência energética daqueles equipamentos medidos.

Entretanto, os medidores inteligentes são sistemas complexos, com tecnologias e implantação recentes tendo, assim, custos elevados, tornando-se inviável a todos os consumidores. Portanto, para o consumidor se torna mais acessível utilizar um sistema de monitoramento mais simples, com um preço menor e que seja de fácil de utilizar (FREITAS, 2016).

De acordo com a UI GreenMetric, o IFRN (Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte) tem uma alta consciência ambiental e econômica da eficiência energética do campus e é uma das instituições de ensino mais sustentáveis do mundo - Universidade da Indonésia. "2019 World University Rankings". O ranking é elaborado anualmente desde 2010 para classificar as instituições que desenvolvem as melhores práticas e planos de sustentabilidade em seus campi (IFRN, 2019). O IFRN é pioneiro em energia solar e se tornou a primeira instituição de ensino pública do Brasil a cumprir o sistema de compensação de energia estipulado na Resolução 482/2012 da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). Hodiernamente, é uma das instituições públicas mais limpas do país, pois todas as suas unidades (Reitoria e 21 campi) possuem usinas de energia solar. Juntos, eles têm potencial para gerar até 3,36 GWh / ano de gás, o que significa que 339 toneladas de dióxido de carbono emitidas na atmosfera são reduzidas a cada ano e, além disso, economizam cerca de 1,3 milhão de reais por ano (IFRN, 2019). No campus sênior Rajis do IFRN, o sistema fotovoltaico de geração de energia distribuída fornece ao campus cerca de 2.872 kWh, o que equivale a 25% de sua demanda anual de energia, ou seja, 25% da energia consumida pelo campus é proveniente de energia limpa. No entanto, nos últimos anos, as instituições federais de ensino vêm reduzindo seus orçamentos, por isso é necessário melhorar ainda mais a eficiência energética dos campi.

Desta forma surge a ideia do modelo alternativo de um sistema de aquisição de dados para monitoramento do gasto energético para os Equipamentos de TIC no IFRN Campus Avançado Lajes, com vista de analisar esses dados para tomadas de decisões futuras, em benefício da eficiência energética destes equipamentos. Este tipo de sistema pode se comunicar com uma base, que pode ser um computador, smartphone, entre outras, através de uma conexão física como cabo USB, comunicação sem fios ou mesmo enviar os dados pela internet permitindo assim um monitoramento remoto (FREITAS, 2016).

O projeto será desenvolvido usando a placa de prototipagem Arduino®, com sensores de corrente, sistema para medição de tensão, um display LCD responsável por indicar os valores medidos, um módulo Shield Ethernet ou wi-fi para a comunicação e envio de dados, bem como um computador e smartphone que recebe esses dados, também será desenvolvido um sistema computacional para ajudar no monitoramento desses dados (FREITAS, 2016).

É objetivo do projeto desenvolver um sistema de aquisição de dados (DAQ) para monitoramento da eficiência energética dos equipamentos de TIC do IFRN Campus Avançado Lajes, possibilitando a visualização e acompanhamento em tempo real dos gastos energéticos

e contribuindo para a criação de medidas eficazes para melhoria da eficiência energética destes equipamentos.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Para o desenvolvimento de um sistema de medição e monitoramento em tempo real de gasto energético é necessária uma junção de várias tecnologias. Diversos sistemas DAQ de medição e monitoramento de gasto energético estão sendo desenvolvidos, entre eles estão:

O sistema de aquisição de dados desenvolvido por Freitas (2016) para realizar o monitoramento do consumo de energia elétrica por uma unidade utilizadora residencial é composto sobretudo pelo dispositivo de aquisição de dados Arduino®, que é responsável pela recepção dos sinais analógicos da corrente e tensão, coletadas pela junção de alguns componentes. Esses sinais são ajustados de forma que o Arduino® possa entendê-los e processá-los. Depois que os sinais são sucedidos, as informações captadas são mandadas para um computador e um dispositivo smartphone, por meio da conexão via *wireless* e *bluetooth* sendo possível visualizá-las por meio do monitor serial no próprio IDE do Arduino no computador e do aplicativo Android Bluetooth spp. Uma versão profissional desenvolvida por Jerry Li em um smartphone. Por meio da análise, é possível perceber a fidelidade para perceber sua funcionalidade, bem como os métodos bastante extensos e aceitáveis utilizados pelos equipamentos de medição tradicionais. Após os testes, o sistema apresentou desempenho satisfatório, demonstrando ser uma ferramenta eficiente e de baixo custo.

Nunes et al. (2019) criou um sistema de baixo custo com o intuito de acompanhar o consumo de energia na nuvem, em que uma placa de circuito para o protótipo é composta por módulos, sensores de corrente e tensão que são aptos para dimensionar sinais contínuos e alternados. Os dados que são captados por esses sensores são mandados para uma aplicação na nuvem que realiza a visualização dos dados da leitura em tempo real, históricos, indicadores, análises e afins. Existem algumas características principais do hardware criado, entre elas: dimensões reduzidas; baixo consumo; mensuração de tensão e corrente DC; medição de tensão e corrente AC; conexão sem fio. A aplicação em nuvem do sistema foi criada utilizando o programa de desenvolvimento Node-RED, que é de uma ferramenta de programação responsável por criar a comunicação entre os dispositivos de hardware e APIs com o intuito de simplificar o desenvolvimento de sistemas embarcados relacionados ao conceito de Internet das Coisas (IoT). Nesse caso, o protocolo que é utilizado para emitir os dados é o MQTT, pois é

bem leve, fácil de acesso e que segue o modelo de publicação (publisher) e assinatura (subscriber). Como resultado foi mostrado um sistema de monitoramento do consumo de energia elétrica residencial com o acompanhamento de tensão e corrente, sendo as informações obtidas em uma plataforma Web. As informações coletadas dos sensores são mostradas em tempo real em gráficos interativos, dashboards. Dessa maneira, tanto o usuário quanto a concessionária de energia elétrica podem distinguir os horários que tem um consumo maior em cada residência do sistema elétrico e os equipamentos que demandam mais energia e, sendo assim, realizar a elaboração de ações para economizar a energia elétrica.

Em Araujo (2018) foi processado um sistema de monitoramento do consumo elétrico residencial com o uso de medidores de energia elétrica e conexão sem fio para medição e averiguação em softwares de eficiência energética. Para a fabricação do sistema de medição, foi inserido um transformador que realiza a medição da tensão e de um transformador de corrente JSCT-6 para as medidas de corrente, um outro componente responsável pela recepção dos dados lidos dos medidores de energia por infravermelho e transmiti-las por um cartão de memória SD para um PC que processa e transporta esses dados em elementos importantes para o usuário final. Para o sistema de armazenamento de dados utilizou-se um cartão de memória SD de 2GB, da Sony. Todo o processo de desenvolvimento dos dados, desigual dos sistemas anteriores que utilizou Arduino, para este sistema foi usado um microcontrolador da Texas Instruments, o MSP430F6736, o qual tem três conversores analógico-digital do tipo Sigma-Delta de 24-bits e quatro interfaces de comunicação serial, além de possuir uns ajustes cujo consumo é muito baixo. Já o sistema de transmissão de dados foi desenvolvido com base no receptor de comunicação por infravermelho IRM-8651, que é responsável pela parte de modular os sinais enviados por meio de um LED infravermelho. Essa tecnologia foi escolhida sobretudo por causa do baixo custo em relação a outros meios de comunicação e por ser uma tecnologia bastante popular. A interface para os usuários foi processada no programa LabVIEW, pois tem uma programação gráfica, que deixa a visualização mais simples, a geração e a parte de codificação da interface. Já relativamente aos usuários, só foi preciso a introdução das informações recolhidas pelos medidores com o intuito de que o sistema possa gerar os dados de consumo de energia elétrica. Como resultado, alcançaram um sistema mais em conta de monitoramento que ajudou para uma eficiência grande no uso da energia elétrica por parte dos consumidores finais por causa que a possibilidade de possuírem, a qualquer momento, dados pertinentes, seja do consumo individual de cada componente elétrico ou até mesmo do resultante da energia consumida por todos.

Considerando todas essas propostas apresentadas, a ideia de possuir um Sistema de Medição e Monitoramento de Cargas Elétricas é indispensável, pois por meio dessas alternativas é possível identificar que é necessário pensar e executar ideias para a eficiência energética.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

O sistema de monitoramento seria composto por um dispositivo de aquisição de dados, o Arduino®, que recebe os sinais analógicos de corrente e tensão, coletados por sensores. Esses sinais seriam trabalhados de forma que seja possível o processamento pelo Arduino®. Após o processamento desses sinais, os dados seriam enviados para uma base em um computador e um smartphone, através de conexão *ethernet* onde serão visualizados por um monitor serial na própria IDE do Arduino® no computador e por um aplicativo *android*, no smartphone (FREITAS, 2016).

O uso de materiais e como eles serão utilizados, serão selecionados por fase. De início Medição de corrente e tensão: Para esta etapa seria aplicado, para obtenção dos dados e cálculos dos parâmetros de potências manipuladas e dos gastos com energia, um sensor de corrente (não invasivo) modelo SCT-013-030, a medição de tensão seria realizada por um transformador e um conjunto com os resistores e filtros. Os mesmos serão inseridos em setores que necessitam de um uso de energia ainda maior, como por exemplo, os laboratórios de informática e eletricidade/eletrônica, sala de TI, coapac a sala de TIC, dentre outros setores que a demanda de energia elétrica é maior que o comum e que esse uso pode ser revisto através do presente projeto. A segunda fase seria a recepção de dados: Neste processo, seria usada a placa de Arduino mega 2560, que é muito utilizada e conhecida pela sua ótima quantidade de portas disponíveis e grande compatibilidade com os Shields arduinos. No arduino serão recebidos os sinais analógicos, tanto do sensor de corrente quanto do sensor de tensão. O Arduino Mega 2560 foi a placa escolhida para ser utilizada no presente projeto, devido à necessidade de uma grande quantidade de processamento de dados, como também a disponibilidade da placa para o protótipo, levando também em consideração também o fato de existir um baixo custo de aquisição que acabou sendo um dos critérios para escolha. Em relação a conexão com a internet, seria utilizado o Ethernet Shield W5100, a ferramenta citada é o que vai permitir que a placa Arduino conecte-se à internet, fornecendo acesso à rede (IP) nos protocolos TCP e UDP. Para realizar a fase do monitoramento do uso de energia, iria ser empregado uma ferramenta que seria responsável pelo controle de processo e monitoramento, que iria ser fornecido pela

ferramenta chamada SLIPE SCADA, onde a fiscalização seria acompanhada pelo smartphones ou até mesmo em um computador pelos usuários do sistema (FREITAS, 2016).

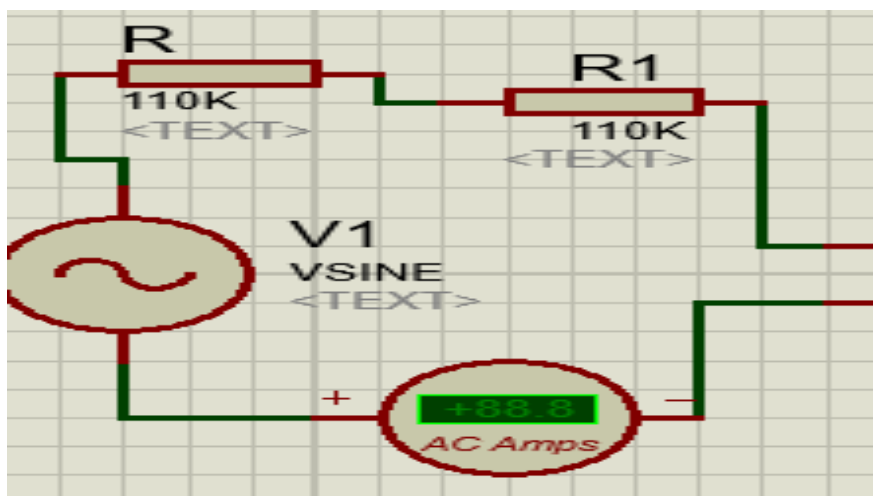
O sistema de medição desenvolvido, aconteceu de forma diferente do que tinha sido proposto anteriormente pelos discentes. Devido ao lamentável agravamento do COVID-19 em todo o mundo, foi-se necessário mudar a estratégia para desenvolver o sistema, em virtude das limitações quanto ao distanciamento impedindo que pudéssemos utilizar os materiais da Instituição. Conforme o ocorrido, o corpo discente não pôde realizar 100% o projeto, porém, foi discutido em reuniões com os orientadores que existia uma forma de realizar a continuação do projeto de maneira simulada.

Para que fosse possível realizar essa prática, os integrantes usaram um software capaz de criar projetos eletrônicos, que é composto de bibliotecas que auxiliam no melhor desenvolvimento de um sistema, além de simular módulos de projetos de placas de circuito impresso. Esse programa se chama PROTEUS, que nos foi apresentado pelo coorientador. Todo o projeto foi desenvolvido com base na simulação feita por esse software. Como este foi realizado em simulação, ocorreu uma limitação de funções como já foi citado acima. Logo, o mais viável a ser feito seria apenas simular o circuito que iria ser produzido através do protótipo, realizando apenas algumas funções, como: calcular e imprimir os valores de consumo da corrente, tensão e potência.

Coleta de dados

Conforme aconteceu essa limitação, tivemos déficit na realização do protótipo, consequentemente, não houve êxito na inserção de um equipamento de TIC no circuito. Para conseguir realizar a coleta de informações, os alunos resolveram simular um equipamento TIC manipulando o circuito, adicionando ou variando cargas dos resistores para conseguir obter resultados já inseridos. A plataforma de simulação utilizada não permitia a introdução de equipamentos (TIC) para simular os valores, então foi necessário realizar as adaptações necessárias para obter os valores de corrente, tensão e potência.

Figura 1 - Simulação do equipamento 1.



Fonte: Autoria própria, 2021

Figura 2 - Simulação do equipamento 2.



Fonte: Autoria própria, 2021

Esses circuitos mostrados nas figuras acima, estão referenciando um equipamento de TIC. Foi necessário realizar essa manipulação e inserção de dados para que fosse possível coletá-los dos “equipamentos” e realizar as determinadas funções. Como está explícito nas imagens, houve modificações no circuito, manipulando a fonte de tensão, medidor e resistor.

Figura 3- Código com programação

```
//adicionar as bibliotecas
#include "EmonLib.h"
#include <LiquidCrystal.h>
EnergyMonitor emonl;
LiquidCrystal lcd(12, 11, 5, 4, 3, 2);
//pino do sensor SCT-013 30A
int pino_STC = 1;

//pino do sensor TP
int pino_TP = 2;

float potencia_armazenada = 0; // Variavel para calculo de consumo
float potencia_var = 0; // Variavel para calculo de potência reativa
float valor_pago = 0; // variavel para calculo de faturamento

void setup() {

{
lcd.begin(16, 2);

Serial.begin(115200);

emonl.current(pino_STC, 29.03);
//pino tp, calibração, defasagem
emonl.voltage(pino_TP, 225, 1.7);
//informações iniciais ao display
```

Fonte: Autoria própria, 2021

Por dedução, o código funciona dessa maneira. Vale salientar a inclusão das bibliotecas utilizadas “EmonLib.h” e “<LiquidCrystal.h>” para que haja a compilação de forma correta. A biblioteca “EmonLib.h” obtém os meios necessários para a mensuração das grandezas básicas na c.a, de suma importância para a calibração. E a biblioteca "<LiquidCrystal.h>" torna o uso dos LCD's mais acessível no arduino, ela exerce algumas funções que fazem a diferença na hora do código executar, como piscar a tela do LCD, a rolagem do texto e entre outras funções.

Figura 4- código para imprimir valores de corrente e fator de potência.

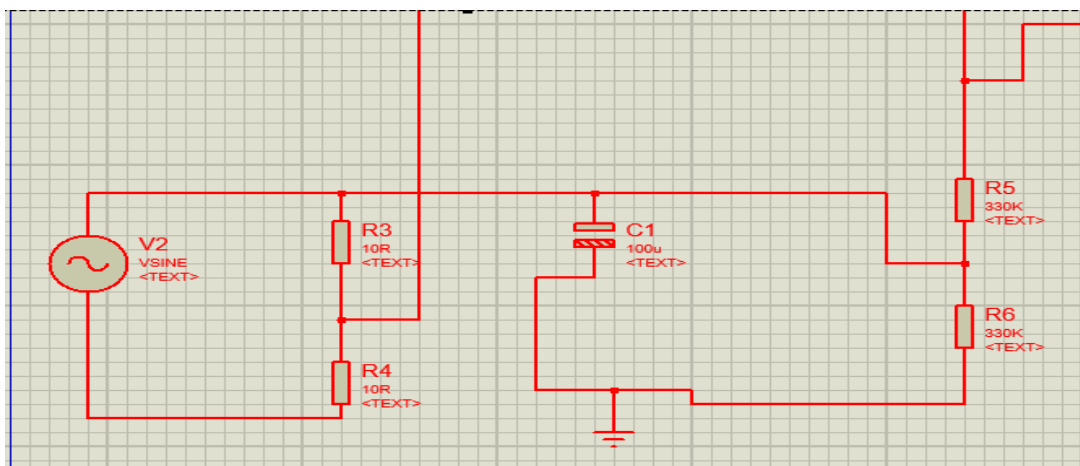
```
void loop()  
{  
  //calculo de tensão correspondente ao sinal de entrada  
  emonl.calcVI(20,2000);  
  float Potencia_P = emonl.realPower; //recebe potência Ativa  
  float Potencia_S = emonl.apparentPower; //recebe potência Aparente  
  float Fator_de_Potencia = emonl.powerFactor; //recebe fator de potência  
  float Tensao_rms = emonl.Vrms; //recebe Tensão eficaz  
  float Corrente_rms = emonl.Irms; //recebe corrente eficaz  
  //informa o valor de corrente  
  Serial.print("Corrente = ");  
  Serial.print(Corrente_rms); //Corrente eficaz -Irms-  
  
  lcd.clear();  
  lcd.print("I (A) =");  
  lcd.setCursor(10,0);  
  lcd.print(Corrente_rms);  
  lcd.setCursor(0,1);  
  lcd.print("FP = ");  
  lcd.setCursor(10,1);  
  lcd.print(Fator_de_Potencia, 1);  
  delay (2000);  
}
```

Fonte: Autoria própria, 2021

Medição de tensão

Nesta fase do projeto, foi-se necessário fazer mais ajustes no transformador utilizado para medir a tensão. Nesta modificação, um conjunto de materiais foram utilizados para realizar esta função. Como mostrado na Figura 5, para medir a tensão, utiliza-se de uma fonte de tensão, resistor e capacitor.

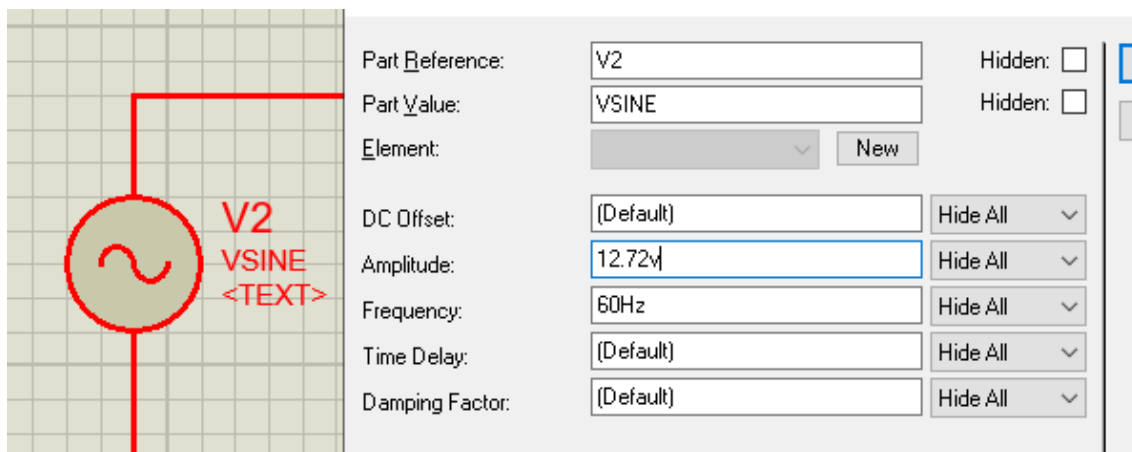
Figura 5- Adaptação para capturar a tensão.



Fonte: autoria própria,2021.

É considerável salientar que, nesse transformador a tensão que está entrando para o circuito é de 9V, então é necessário configurar a fonte de tensão para que funcione com a tensão de pico, que será apresentada na figura 6.

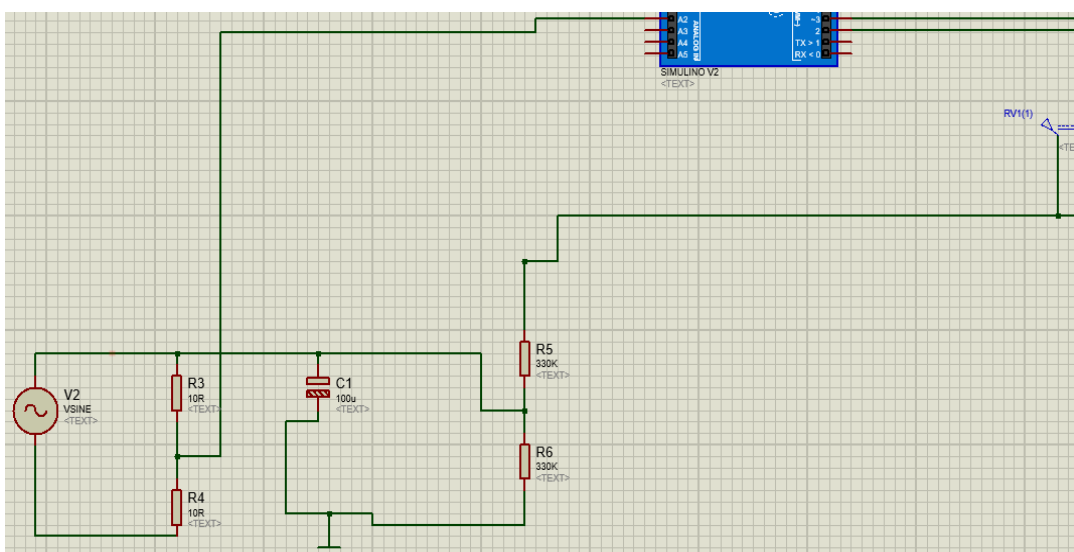
Figura 6- configuração da tensão de pico e frequência



Fonte: autoria própria, 2021

Seguido as mesmas operações matemáticas para obter o resultado de 12,72V. Tensão * 2 raízes. Neste caso, se sua tensão for igual a 9V, você deve multiplicar por 1,414213 e obter o pico de tensão corretamente.

Figura 7-Esquema de ligação para obter a tensão.



Fonte: Autoria própria, 2021

Nesse esquema de ligação, é possível perceber que houve a necessidade de montar um divisor de tensão, pois se sabe que a entrada analógica do arduino só lerá uma tensão que ficaria na faixa de 0-5V e a saída do transformador for 9V, ou seja, com o divisor de tensão, seriam obtidas tensões inferiores à tensão disponível do gerador. Vê-se também, que tem mais um circuito na lateral do que com um capacitor, pois o arduino ele lê de 0-5V positivo, então esse filtro seria para deslocar a tensão para que ele leia apenas as tensões positivas.

Figura 8- código para calcular e imprimir os valores de tensão e de potência ativa.

```
lcd.clear();
lcd.print("Tensão = ");
lcd.setCursor(10,0);
lcd.print(Tensao_rms);
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print("Pot P = ");
lcd.setCursor(10,1);
lcd.print(Potencia_P, 1);
delay (2000);

//preencher os valores no modelo apresentado no lcd

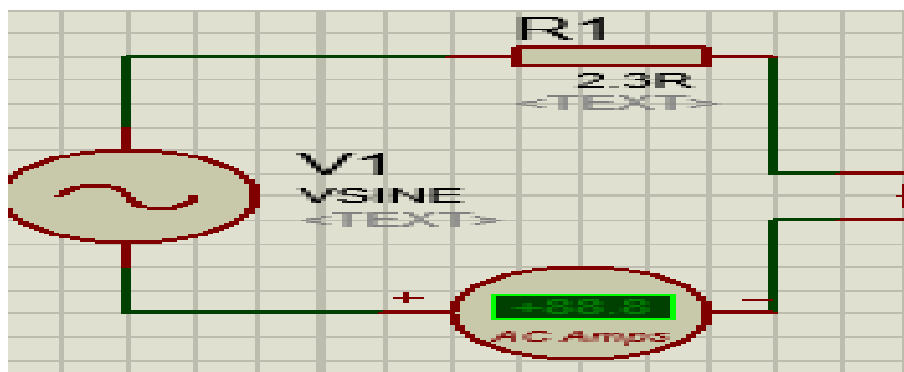
potencia_armazenada += Potencia_P/3600000;
potencia_var= sqrt ((Potencia_S*Potencia_S) - (Potencia_P*Potencia_P));
valor_pago = potencia_armazenada * 0,3795;
delay(2000);
}
```

Fonte: autoria própria, 2021

Medição de corrente

Para medir a intensidade da corrente elétrica, no princípio seria utilizado o sensor de corrente não invasiva SCT-013-030, pois a introdução desse sensor não iria interromper o circuito para suceder a medição. Como foi explicado, os alunos ficaram circunscritos e no programa utilizado para realizar a simulação, não havia esse sensor disponível nas suas devidas bibliotecas, então foi criada uma adaptação de como é o funcionamento desse sensor de corrente não invasivo, para que chegasse o mais próximo possível da sua função no circuito.

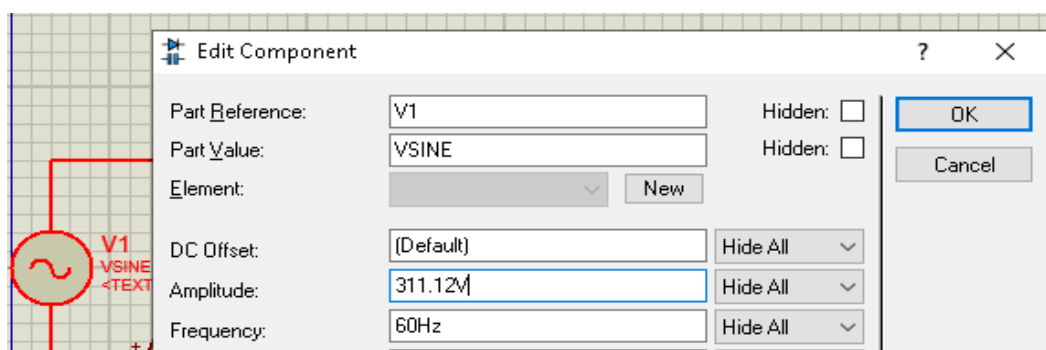
Figura 9 – Adaptação para medir intensidade da corrente elétrica



Fonte: Autoria própria, 2021

Nesse circuito foi utilizado uma fonte de tensão, medidores, resistores e uma fonte atual controladora por corrente arbitrária. Esse esquema está referenciando o sensor de corrente não invasiva SCT-013-030, buscando chegar à adaptação mais próxima à sua funcionalidade.

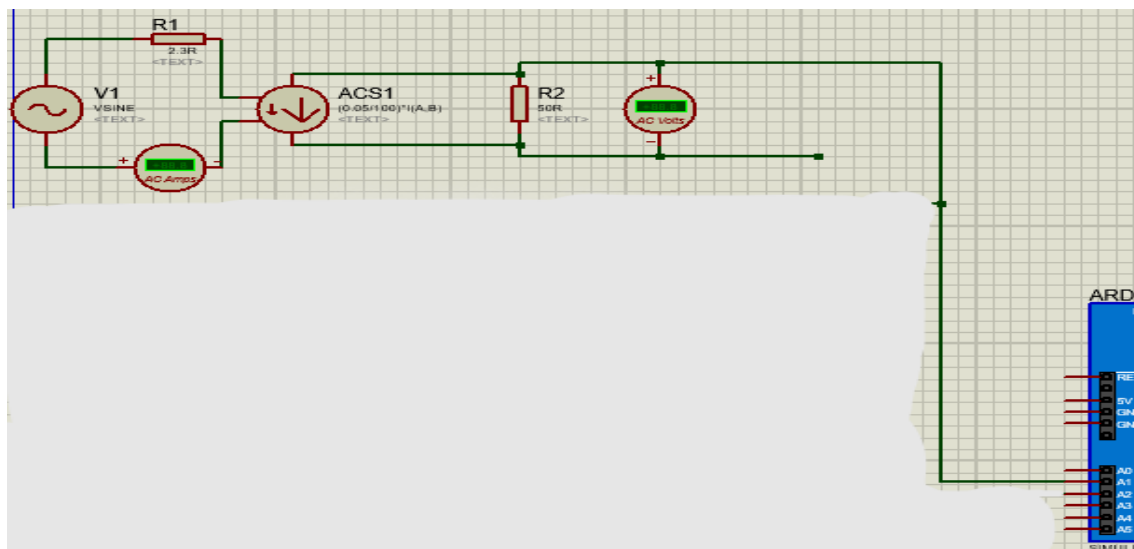
Figura 10 – Definindo tensão de pico e frequência



Fonte: autoria própria, 2021

Vale ressaltar que nessas condições, o mais importante é aplicar a tensão de pico e não a tensão efetiva. Portanto, o valor da tensão é 311,12V. Para calcular e obter o resultado da tensão de pico matematicamente, esta tensão deve ser usada e multiplicada pela raiz de 2 (1,414213). Portanto, encontre o pico. A frequência padrão de 60 Hz também é usada.

Figura 11- Esquema de ligação para obter o sinal da corrente elétrica



Fonte: Autoria própria, 2021

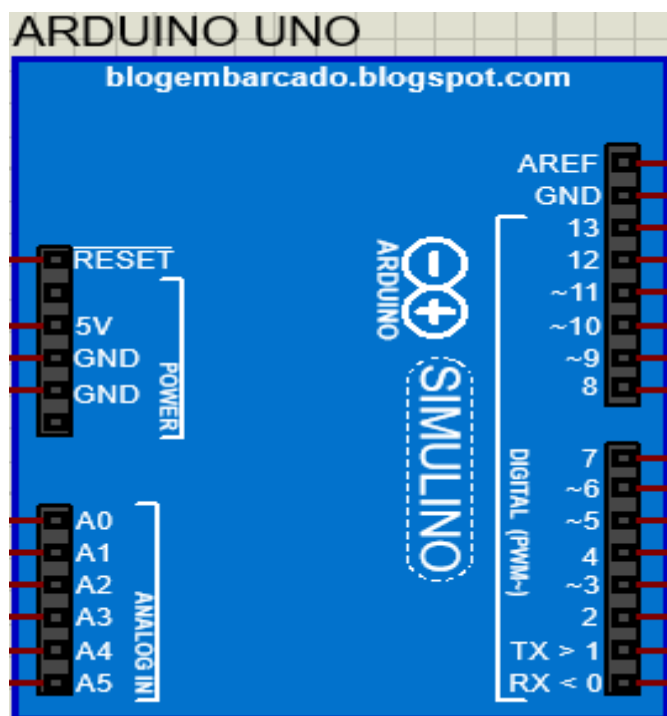
Nesse esquema, é possível visualizar o conjunto de equipamentos que resultam no sensor para coletar o sinal da corrente e, a ligação deste “sensor” na porta analógica “A1” do Arduino. Lamentavelmente não é viável apresentar o esquema de ligação real devido às circunstâncias apresentadas.

Ferramenta utilizada para auxiliar na programação e se comunicar com outros eletrônicos.

Como todos sabemos, o Arduino é uma ferramenta que auxilia na programação e comunicação com outros dispositivos eletrônicos. Foi determinado que a melhor escolha para este projeto é o Arduino MEGA, no entanto, a equipe descobriu que sua situação é muito limitada. Os integrantes percorreram todo o processo para poder usar o software e realizar simulações. Proteus é um programa utilizado para realizar simulação, mas existem alguns problemas com o pacote de software Arduino. Mesmo quando todas as partes estruturais estiverem montadas (mesmo vistas pelo orientador), haverá problemas de programação. O programa no arduino não transmitia dados no display e alguns testes foram realizados com diferentes arduinos até que o arduino funcionasse. O grupo especula que foi uma falha no

software, e os integrantes não têm responsabilidade sobre tal ocorrido, já que foi um problema no software. Na figura 12 será mostrado o arduino que o grupo utilizou para realizar o projeto.

Figura 12- Arduino utilizado para auxiliar na programação e comunicação



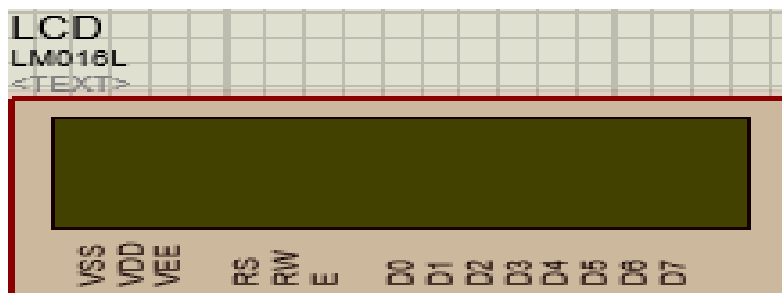
Fonte: autoria própria, 2021

Ao comparar o Arduino Mega e o Uno, percebeu-se que o Uno não é um arduino com um índice de microcontroladores exorbitantes, muito menos possui muitas entradas e saídas como o Mega, entretanto, como é uma simulação e foi o único que executou com êxito, após diversas tentativas, a equipe optou em consenso por utilizá-lo. E funcionou.

Amostra dos dados processados

Usando as plataformas ELIPSE MOBILE e ELIPSE SCADA, a visualização dos dados processados pode ser feita através de telefones celulares ou computadores. Porém, como ficou utópico simular essas funções no software, houve um diálogo e elegeu-se usar um monitor ldc 16x2 para exibir as informações processadas.

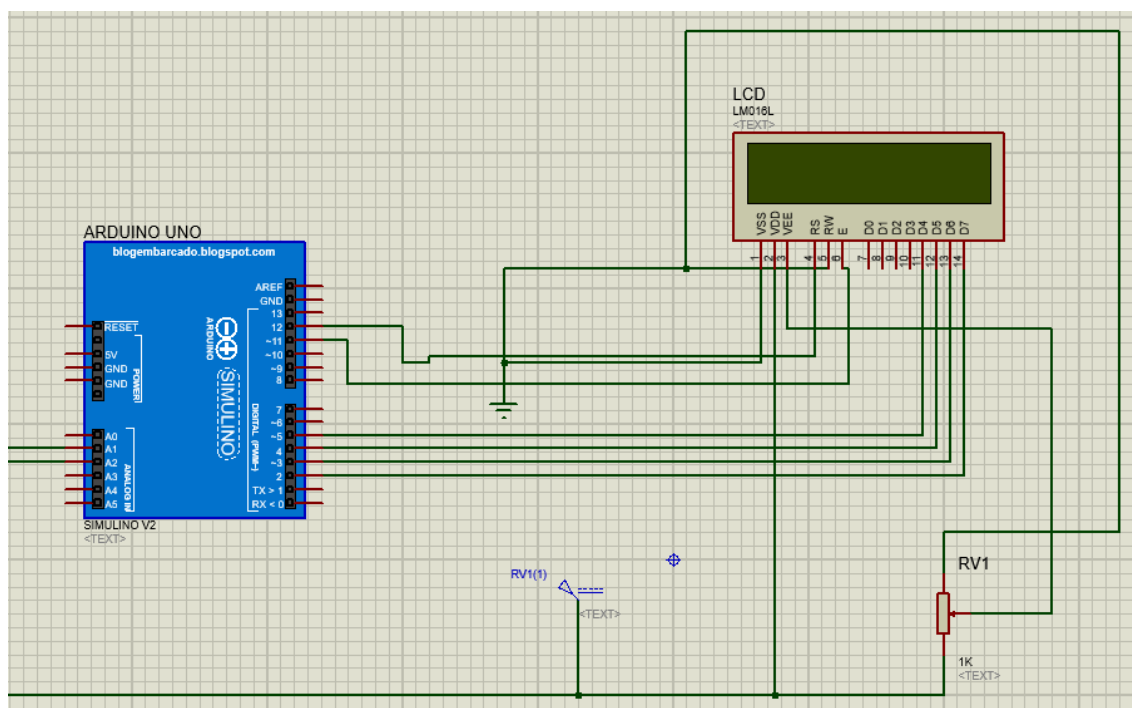
Figura 13 – Display 16x2 Alphanumeric LCD



Fonte: autoria própria, 2021

O display foi indispensável durante a simulação do projeto, pois era necessária uma forma de conseguir mostrar os valores. Segue na figura 14 a comunicação do display LCD com o Arduino.

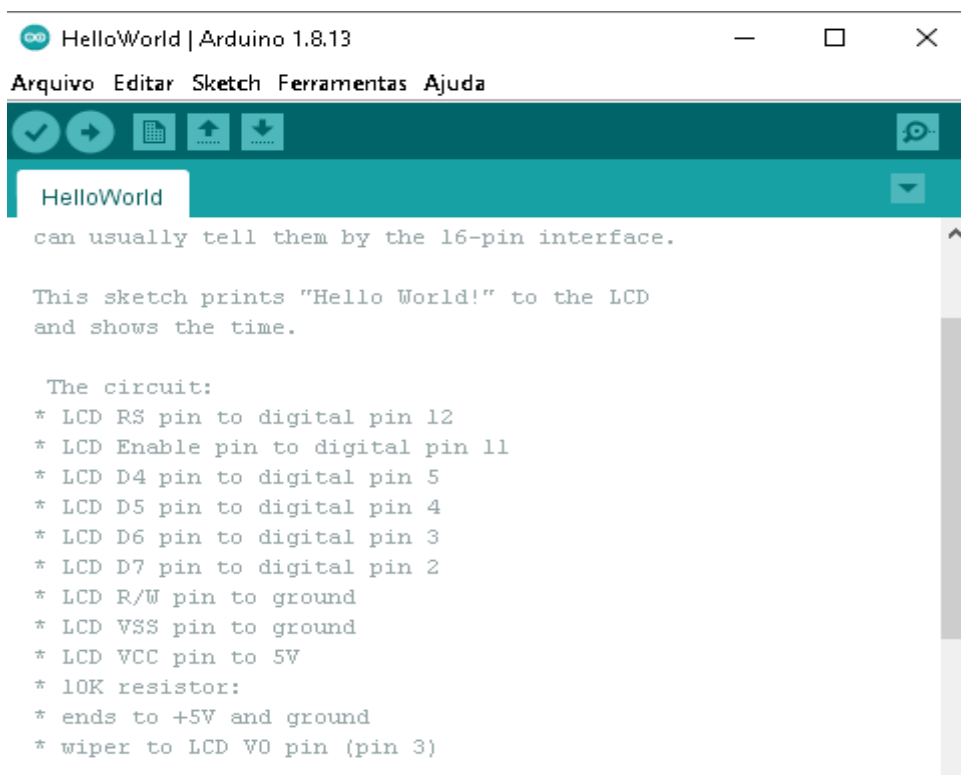
Figura 14- montagem da comunicação display com Arduino



Fonte: autoria própria, 2021

A montagem da comunicação deste eletrônico foi realizada pelo próprio Arduino IDE, que libera um esquema para ligação entre o Arduino e o display.

Figura 15- Esquema liberado pelo Arduino IDE



Fonte: autoria própria, 2021

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após o término do processo de montagem e organização do projeto, é hora de testar para obter os resultados por meio de simulação. Nesta etapa, serão realizados testes para verificar a funcionalidade, e os resultados obtidos nas leituras serão analisados com base nos resultados apresentados na simulação. Para fazer identificações mais precisas, os valores de medição de corrente e tensão devem ser calibrados. Como mostra a Figura 15, os valores foram ajustados para tornar as leituras mais precisas e muito próximas das leituras reais.

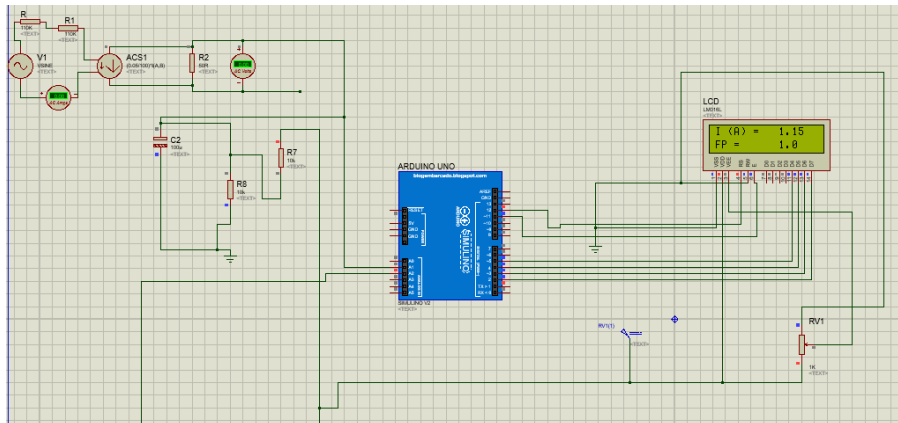
Figura 15- Código para realizar a calibração de tensão e corrente do Arduino.

```
LiquidCrystal lcd(12, 11, 5, 4, 3, 2);  
//pino do sensor SCT-013 30A  
int pino_STC = 1;  
  
//pino do sensor TP  
int pino_TP = 2;  
  
float potencia_armazenada = 0; // Variavel para calculo de consumo  
float potencia_var = 0; // Variavel para calculo de potência reativa  
float valor_pago = 0; // variavel para calculo de faturamento  
  
void setup()  
{  
  lcd.begin(16, 2);  
  
  Serial.begin(9600);  
  
  emonl.current(pino_STC, 6.7);  
  //pino tp, calibração, defasagem  
  emonl.voltage(pino_TP, 225, 0.27);  
  //informações iniciais ao display  
  
}
```

Fonte: autoria própria, 2021

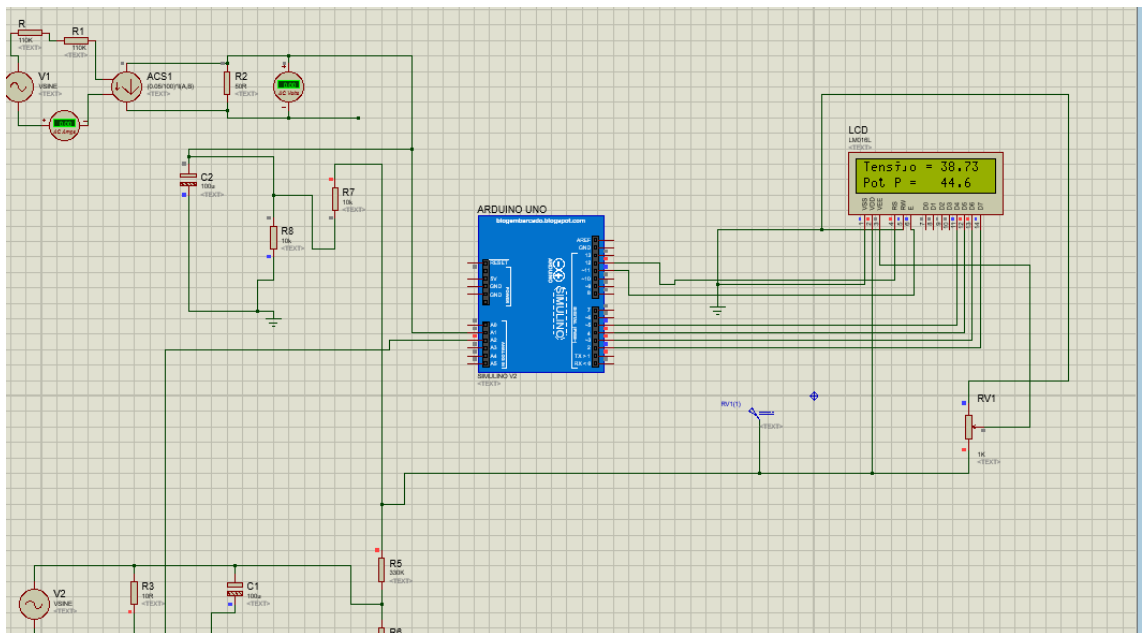
Como a inserção de equipamentos elétricos não é possível no software devido às limitações, ficou acordado que também seria simulado um equipamento, modificando uma parte do circuito e sendo possível acrescentar alguns materiais eletrônicos, de acordo como é mostrado na figura 16 e 18.

Figura 16- Projeto fazendo a leitura de corrente e fator de potência do Equipamento 1.



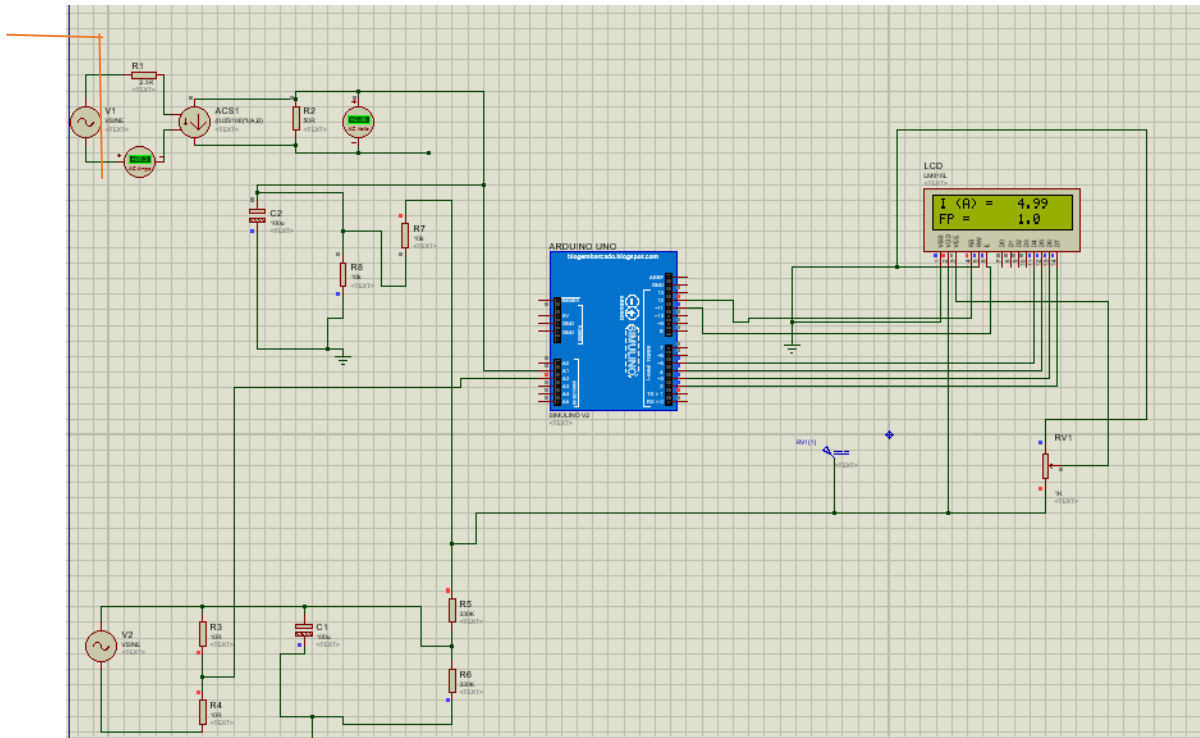
Fonte: autoria própria, 2021

Figura 17- Projeto fazendo a leitura de Tensão e de potência ativa do Equipamento 1.



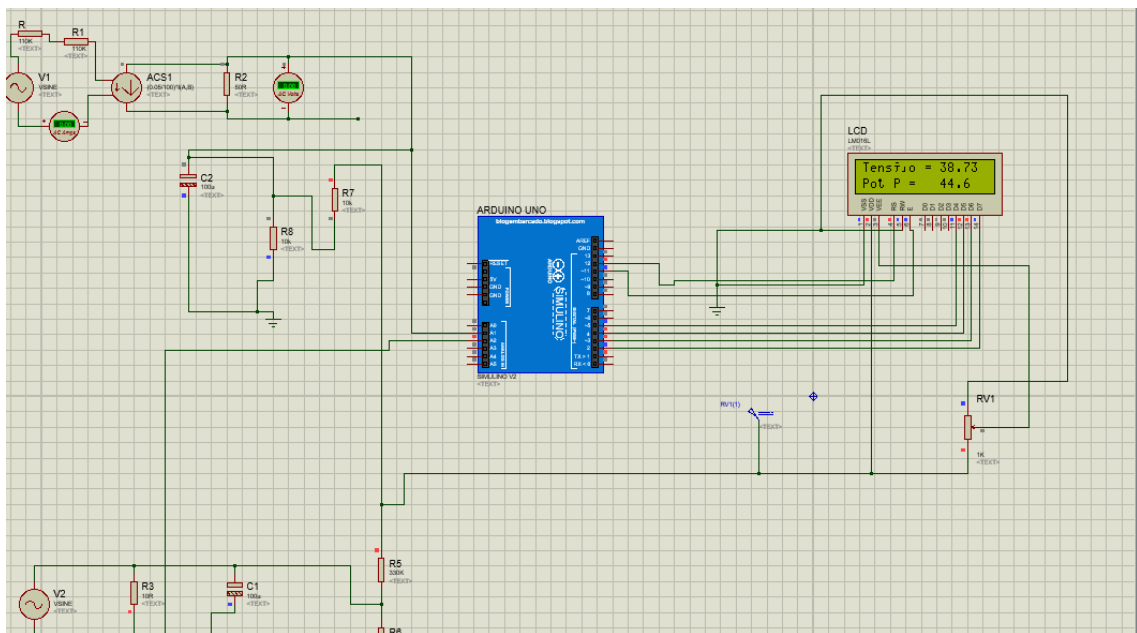
Fonte: autoria própria, 2021

Figura 18- Projeto fazendo a leitura de corrente e fator de potência do Equipamento 2.



Fonte: autoria própria, 2021

Figura 19- Projeto fazendo a leitura de tensão e potência ativa do Equipamento 2.



Fonte: autoria própria, 2021

5. CONCLUSÕES

De acordo com o objetivo geral que foi proposto no projeto, este tópico apresenta os resultados, dificuldades, experiências e mudanças sobre o processo do projeto, desde o princípio (anteriormente à pandemia) e ao que realmente foi executado (durante a pandemia).

Vale ressaltar as dificuldades encontradas no desenvolvimento do trabalho, entre elas podemos destacar principalmente a adequação às limitações impostas ao cenário atual de pandemia, onde começou a haver as mudanças nos princípios do projeto, entretanto, mantendo os objetivos escalados. Houve algumas reuniões entre os discentes do trabalho e outras com os orientadores, e, ficou acordado que seria necessário adaptar o projeto a uma simulação para que fosse possível mostrar e executar os valores de tensão, corrente, entre outros atributos dado ao sistema criado, que anteriormente existiam planos para que o protótipo físico fosse criado.

Dado essas condições, foi colocado que os próximos integrantes do projeto em uma oportunidade diferente da atual, utilizaram o material solicitado e adequado para montagem do protótipo físico e fariam adições ou mudanças necessárias para levar o projeto à frente. O sistema aqui mostrado e exibido possui um conceito e ideia que pode vir a se tornar um produto inovador e prático não só para o Instituto Campus Avançado Lajes com também para indústrias e residências. Com relação a simulação, é compreensível que o sistema não tenha atingido todos os objetivos em questão devido às limitações descritas acima, mas para a realidade em que se está inserido e com as dificuldades expostas, foi uma experiência gratificante e cheia de conhecimentos que acrescentou de diversas formas em cada um, tanto de forma técnica como também profissional.

Por fim, demonstrou-se que o projeto em questão atingiu suas metas e se mostrou viável para ser construído não somente de uma forma, com o protótipo, mas também realizando uma simulação, claro que, com pesquisa profusa, e leitura dedicada aos materiais disponibilizados pelos orientadores, que a propósito, foram de suma importância para realização de tal.

Trabalhos Futuros

Como sugestões de avanços para aperfeiçoamento para o projeto até aqui construído, propõe-se que haja uma interação por meio de um sistema supervisor, permitindo a visualização de gráficos montados em tempo real dos dados obtidos do consumo de cargas dos devidos equipamentos.

A implementação de uma tecnologia de transmissão com maiores alcances, para benefícios da praticidade com relação à aquisição dos dados em questão. Também como uma montagem de gráficos com monitoramento em tempo real que pode ser implementada através de outros *softwares* como pesquisado, por exemplo, o *Visual Basic* para desenvolvimento de interfaces gráficas para uso de primordialmente em computadores e logo em seguida também para smartphones, possibilitando uma comunicação prática e ágil entre usuários e unidade consumidora. No mais, podem manter-se pesquisas para um aperfeiçoamento na construção física (quando houver a criação do protótipo) e principalmente nos componentes utilizados na simulação realizada para obter-se medições cada vez mais precisas e com isso gerar uma qualidade de energia, beneficiando não somente os usuários e os âmbitos que utilizam o sistema como também o meio ambiente, que sempre foi um dos pontos tratados desde a ideia de construção do trabalho até o atual momento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAUJO, F. C. (2018). *SISTEMA DE MONITORAMENTO DO CONSUMO ELÉTRICO RESIDENCIAL COM UTILIZAÇÃO DE MEDIDORES DE ENERGIA ELÉTRICA COM COMUNICAÇÃO SEM FIO PARA MEDIÇÃO E VERIFICAÇÃO EM PROGRAMAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA*. Campinas-SP: UNICAMP.

Arduino. (2020 de 07 de 2020). *Introdução*. Fonte: Arduino: <https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>

FREITAS, E. D. (2016). *SISTEMA DE AQUISIÇÃO DE DADOS PARA MONITORAMENTO DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA DE UMA UNIDADE CONSUMIDORA RESIDENCIAL*. Mossoró-RN: UFERSA.

IFRN. (03 de 12 de 2019). *IFRN integra ranking das instituições de ensino mais sustentáveis do mundo*. Fonte: IFRN: <https://portal.ifrn.edu.br/campus/reitoria/noticias/ifrn-integra-ranking-das-instituicoes-de-ensino-mais-sustentaveis-do-mundo>

Nunes, L. H., Oliveira, K. D., & Menezes, J. F. (2019). Sistema de Baixo Custo para Monitoramento do Consumo de Energia Elétrica em Nuvem. *XXXVII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TELECOMUNICAÇÕES E PROCESSAMENTO DE SINAIS – SBrT2019* (pp. 1-2). PETRÓPOLIS-RJ: SBrT2019.

Santos, K. L. (2018). *CONVERSOR CC/CC INTERCALADO COM INDUTORES ACOPLADOS PARA ALIMENTAÇÃO DE UM DATACENTER ATRAVÉS DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO*. Fortaleza-CE: UFC.

Silva, M. K. (2017). SOLUÇÕES DE TI VERDE E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA PARA DATACENTERS. *ReTIC Revista Tecnologia da Informação e Comunicação: Teoria e Prática UNISUL*.

INDICADORES DE PRODUÇÃO

Premiado em 2º lugar pela Comissão Organizadora do evento modalidade POSTER, na área de Tecnologia e Inovação na II Mostra Científica, na II SEMADEC do IFRN-Campus Avançado Lajes.

Link para acessar CV Lattes: <http://lattes.cnpq.br/0496817632879873>