



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS
CURSO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA

JERFFESON DA SILVA GUIMARÃES

**PROPOSTA DE UM PROTÓTIPO QUE REALIZE MEDIÇÃO NÃO-INVASIVA DE
ENERGIA ELÉTRICA PARA O CAMPUS DA UFERSA-MOSSORÓ**

MOSSORÓ

2018

JERFFESON DA SILVA GUIMARÃES

**PROPOSTA DE UM PROTÓTIPO QUE REALIZE MEDIÇÃO NÃO-INVASIVA DE
ENERGIA ELÉTRICA PARA O CAMPUS DA UFERSA-MOSSORÓ**

Monografia apresentada a Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Bacharel em Ciência e Tecnologia.

Orientador: Prof. Me. Bruno Emmanuel de Oliveira Barros Luna.

MOSSORÓ

2018

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

GG963 Guimarães, Jerffeson da S..
p Proposta de um protótipo que realize medição não-
 invasiva de energia elétrica para o campus da
 UFERSA-Mossoró / Jerffeson da S. Guimarães. -
 2018.
 39 f. : il.

 Orientador: Bruno Emmanuel de Oliveira Barros
 Luna .
 Monografia (graduação) - Universidade Federal
 Rural do Semi-árido, Curso de Ciência e
 Tecnologia, 2018.

 1. Arduino . 2. Smart Grid . 3. Medição
 Inteligente . 4. Eficiência energética . 5.
 Sensor infravermelho . I. Luna , Bruno Emmanuel
 de Oliveira Barros , orient. II. Título.

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

JERFFESON DA SILVA GUIMARÃES

**PROPOSTA DE UM PROTÓTIPO QUE REALIZE MEDIÇÃO NÃO-INVASIVA DE
ENERGIA ELÉTRICA PARA O CAMPUS DA UFERSA-MOSSORÓ**

Monografia apresentada a Universidade
Federal Rural do Semi-Árido como requisito
para obtenção do título de Bacharel em
Ciência e Tecnologia.

Defendida em: 13 / 09 / 2 018.

BANCA EXAMINADORA

Bruno Emmanuel de Oliveira Barros Luna

Prof. Bruno Emmanuel de Oliveira Barros Luna (UFERSA- Centro de Engenharias)
Presidente

Herick Talles Queiroz Lemos

Prof. Herick Talles Queiroz Lemos (UFERSA- Centro de engenharias)
Membro Examinador

Samanta Mesquita de Holanda

Prof.^a Samanta Mesquita de Holanda (UFERSA- Centro de Engenharias)
Membro Examinador

Dedico este trabalho à minha família, por sua capacidade de acreditar e investir em mim. Mãe, seu cuidado e dedicação foi que deram, em alguns momentos, a esperança para seguir. Pai, sua presença significou segurança e certeza de que não estou sozinho nessa caminhada.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer primeiramente a Deus pois sem ele nada é possível.

Agradeço aos meus pais por toda a força e apoio a mim para ter um futuro melhor, sendo sempre minha fonte de inspiração e referência na vida. À minha Mãe, Joelha Maria da Silva Guimarães, por todo o sacrifício que faz para eu conseguir concluir os estudos e ao meu pai, Jackson Augusto Guimarães, por todos os conselhos dados em todas as horas. Ao meu irmão, Jerry Jackson da Silva Guimarães, pelo companheirismo de sempre.

Agradeço especialmente as minhas avós, Jardeliza e Maria Rosa, e as minhas tias, Jandira e Jane Mary, pois sempre que desse, me ajudavam sempre em momentos difíceis elas estavam lá me dando o suporte necessário.

Agradeço as pessoas mais que especiais, Fernando, Jessica, Natalia, Danya, Mateus e Ricardo, pois o carinho e amizade deles são essenciais na minha vida.

Agradeço a todos os meus companheiros de graduação, Ricardo, Adson, Anderson, Renata, Gustavo, Pedro, Johnnathan e Ciro, pelos debates e horas de estudos que foram certamente essenciais para minha formação profissional.

Agradeço ao meu Orientador Bruno Emmanuel de Oliveira Barros Luna, pela confiança em mim em dar sequência as suas pesquisas e por me passar um pouco dos seus conhecimentos.

Agradeço a Banca Examinadora, a professora Samanta Mesquita de Holanda e ao Professor Herick Talles Queiroz Lemos pela disponibilidade de avaliar o presente TCC.

“Talvez não tenha conseguido fazer o melhor,
mas lutei para que o melhor fosse feito. Não sou
o que deveria ser, mas Graças a Deus, não sou
o que era antes”.

Marthin Luther King

RESUMO

A aplicação das tecnologias de telecomunicações e automação nas redes de energia elétrica, o que se define a Smart Grid, proporcionam uma eficiência energética tanto para as concessionárias quanto para os consumidores finais. O presente trabalho tem por objetivo demonstrar os materiais necessários e as ligações elétricas para uma futura construção de um protótipo que possa realizar uma leitura de energia elétrica de modo não-invasivo no medidor elétrico instalado na UFERSA – campus Mossoró – lado leste. Os materiais necessários são: um microcontrolador, que recebe os dados enviados do medidor eletrônico CRONOS 7023, utilizando um sensor infravermelho e em seguida transmitindo os dados utilizando o shield Wireless SD para um aplicativo de celulares, no qual irá apresentar na interface os dados desejados pelo futuro projetista.

Palavras-chave: Arduino, Smart Grid, Medição Inteligente, eficiência energética, Sensor infravermelho.

ABSTRACT

The application of telecommunications and automation technologies in electric power grids, which defines the Smart Grid, provide energy efficiency for both concessionaires and final consumers. The present work aims to demonstrate the necessary materials and electrical connections for a future construction of a prototype that can realize a non-invasive electric energy reading on the electric meter installed in UFERSA - Mossoró campus - east side. The necessary materials are: a microcontroller, which receives the data sent from the electronic meter CRONOS 7023, using an infrared sensor and then transmitting the data using the Wireless SD shield to a mobile application, in which it will present in the interface the data desired by the future designer.

Keywords: Arduino, Smart Grid, Intelligent Measurement, Energy Efficiency, Infrared sensor.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	–	Processo de informações de um medidor convencional.....	18
Figura 2	–	Medidor eletrônico CRONOS 7023.....	21
Figura 3	–	Matriz elétrica Brasileira.....	22
Figura 4	–	Medição inteligente de eletricidade na UE.....	26
Figura 5	–	Arduino UNO.....	29
Figura 6	–	Ciclo de programação do arduino.....	30
Figura 7	–	Receptor infravermelho 1838B.....	31
Figura 8	–	Ligação arduino e sensor infravermelho	33
Figura 9	–	Saídas de pulsos do medidor CRONO 7023.....	33
Figura 10	–	<i>Shield Wireless SD</i>	34
Figura 11	–	Conexão entre o arduino e o <i>Shield Wireless SD</i>	35
Figura 12	–	Aplicativo Blynk.....	35
Figura 13	–	Princípio de funcionamento de protótipo proposto	36

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	–	Benefícios do <i>Smart Metering</i>	20
Tabela 2	–	Benefícios da implementação do <i>Smart Metering</i>	23
Tabela 3	–	Divisão dos pinos do Arduino UNO	30
Tabela 4	–	Características e especificações do sensor infravermelho.....	32

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANEEL	Agencia Nacional de Energia Elétrica
CBA	Análise de Custo Benefício
CEMIG	Companhia Energética de Minas Gerais
COELCE	Companhia Energética do Ceará
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
MME	Ministério de Minas e Energia
P&D	Pesquisa e Desenvolvimento
PLC	Power Line Communication
PoC	Prova de Conceito
RN	Rio Grande do Norte
SIAP	Sistema Inteligente por Mudança de Ajuste dos Sistemas de Produção
SRA	Sistema de Reposição Automática
UFERSA	Universidade Federal Rural do Semi-Árido
UE	União Europeia
USB	Universal Serial Bus

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	16
2.1. <i>Smart grid</i>	16
2.2. <i>Smart metering</i>	18
2.3. Medidores eletrônicos	20
2.4. Motivos para a implementação no Brasil	22
2.5. Aplicações do <i>Smart metering</i> no Brasil	24
2.6. Aplicações do <i>Smart metering</i> no mundo	25
3. COMPONENTES E PROCEDIMENTOS	28
3.1. Componentes	28
3.1.1. Arduino ®	28
3.1.2. Sensores infravermelhos	31
3.1.3. <i>Shield Wireless</i>	34
3.2.4. Aplicativo Blynk	35
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS	37
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	38

1. INTRODUÇÃO

A Eficiência energética vem ganhando cada vez mais espaço com aplicações que proporcionam o aumento da eficiência em sistemas, otimização da utilização de energia elétrica e redução de custos, tanto para empresas, instituições e consumidores residenciais.

Um dos problemas mais encontrados são as perdas de energia no sistema, que afetam na receita das distribuidoras de energia. As perdas são medidas subtraindo a quantidade de energia comercializada com a energia contratada pelas unidades consumidoras. Essas perdas podem ser causadas pela dissipação da energia nos condutores, por furto e fraude de energia. Uma das formas para amenizar as perdas se dá através das *Smart grids*.

O termo *Smart Grid* é utilizado para designar redes elétricas que agregam tecnologias de telecomunicações e automação, proporcionando melhores resultados com relação ao atendimento aos clientes e possibilita o controle efetivo do consumo de energia elétrica integralmente (DE SOUZA et al, 2015).

A aplicação desta tecnologia pode trazer benefícios como: redução de incidência de furtos e fraudes, melhorar a confiabilidade do sistema elétrico, oferecer novos serviços, e diversos outros benefícios que podem ser alcançados pela implantação de serviços de *Smart Grids*.

Com análise dos dados dos medidores inteligentes podem ser adotadas melhores medidas visando uma maior eficiência energética, trazendo benefícios tanto econômico como ambiental.

Segundo Lopes et al (2012), as *Smart grids* contribuem para que diversas fontes de energia estejam disponíveis aos clientes, garantindo o crescimento das energias limpas. Outra contribuição é permitir os clientes de se tornarem fornecedores de energia utilizando por exemplo a energia solar, utilizando a energia que ele produziu e armazenou durante o dia com a utilização dos painéis solares.

A busca por eficiência energética, ou seja, a diminuição do gasto de energia elétrica sem necessidade de uma instituição pública, como a Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA, pode gerar uma grande economia para os cofres públicos do país. Os medidores inteligentes trazem diversos benefícios em relação aos medidores tradicionais e podem permitir tomar medidas que aumentem a eficiência energética da instituição.

A implementação da medição inteligente de energia elétrica na UFERSA - campus Mossoró, lado Leste, poderá fornecer informações mais precisas sobre o perfil de utilização de energia da instituição, possibilitando saber de maneira muito mais detalhada quais são os pontos da rede de distribuição com as maiores perdas, a fim de tomar providências que possibilitem a redução das mesmas.

O objetivo deste trabalho é apresentar os materiais necessários para fabricação de protótipo que utiliza de um método não-invasivo de leitura para os dados do medidor elétrico instalado na UFERSA – Campus Mossoró – lado leste e demonstrar os esquemas elétricos de ligação dos elementos que compõem o protótipo.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Antes de apresentar os materiais e os esquemas elétricos de ligação do protótipo proposto, é preciso compreender sobre as Smart grids e Smart Metering. Este capítulo reúne algumas definições de diferentes autores sobre o tema, assim como resume os principais motivos para a implementação no Brasil, e as principais experiências de implementação da tecnologia Smart grid no Brasil e no mundo.

2.1. *Smart grid*

O termo *Smart Grid* se trata de redes elétricas com tecnologias de telecomunicações e automação, proporcionando melhores resultados ao atendimento aos clientes, podendo controlar de modo efetivo o consumo de energia integralmente, reduz custos de geração e de manutenção do sistema, dimensionamento de equipamentos, condutores, custo de pessoal e os ganhos em diversos aspectos (DE SOUZA et al, 2015).

Uma rede denomina-se inteligente quando é criado de modo a melhorar a prestação de serviços da eletricidade tendo como foco em soluções de demanda sociais, políticas, econômicas, extrapolando assim o setor elétrico (LEITE, 2013).

As redes inteligentes foram criadas para suprir a necessidade tecnológica das redes elétricas, criando assim um novo modelo de sistema elétrico integrado, mais confiável e completamente conectado (DE SOUZA et al, 2015).

Um sistema se torna inteligente com a aplicação de inteligência artificial, do sensoriamento, do controle com base nos dados já obtidos, da comunicação e que permaneça em constante ajuste. No sistema elétrico traz aperfeiçoamento no uso da geração, do armazenamento, na transmissão e na distribuição de energia elétrica, ocorre um aumento na confiabilidade e no gerenciamento dos ativos, reduzir impactos ambientais e custo operacionais (GELLINGS, 2009, apud LEITE, 2013).

Os serviços de geração, transmissão e distribuição têm ocorrido pouca evolução tecnológica se comparado a área de telecomunicação e a outras áreas da tecnologia. Porém, o desenvolvimento dessas áreas tecnológicas como telecomunicações, eletrônica e automação se tornaram os precursores do desenvolvimento do sistema elétrico (DE SOUZA et al, 2015).

As *Smart Grids* podem ser implementadas em diversas áreas do setor elétrico, como: operação, tele medição, proteção do sistema elétrico, automação e informatização dos sistemas de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica, entre outros. Incentivado por fatores como desenvolvimento sustentável, rentabilidade e a agilidade proporcionada pelo seu uso, a utilização desse sistema tem aumentado substancialmente desde a criação desta tecnologia (CPFL,2015 apud DE SOUZA et al, 2015).

Com a aplicação das redes inteligentes, surge a possibilidade de criação de diversos serviços que antes, com os modelos tradicionais, seriam impossíveis de serem explorados, entre eles destaca-se o projeto de tarifação que a energia é consumida na ponta e fora da ponta (DE SOUZA et al, 2015).

Existe uma diferença com relação as redes elétricas convencionais, é que a energia circula nos dois sentidos, fonte-carga e carga-fonte, logo os clientes podem suprir a demanda de energia de outras unidades consumidoras, assim a presença dos medidores inteligentes e bidirecionais de energia pode registrar e monitorar essa energia que flui em ambos os sentidos (DE SOUZA et al, 2015).

De acordo com Fortes (2017), a aplicação de *Smart grid* também traz benefícios tanto para as empresas fornecedoras de energia como para a população, tais como:

- Melhor qualidade de energia fornecida;
- Redução de perdas não técnicas, além de melhorar o comando remoto;
- Redução das perdas técnicas;
- Redução nos custos operacionais;
- Reduzir gastos na expansão dos sistemas de geração e transmissão;
- Introdução de outros tipos de tarifação;
- Interações futuras nos sistemas de cidades inteligentes.

O conceito de *Smart grid* não é objetivo, pois sua conceituação depende da sua evolução e popularização em diversos países, podendo surgir diferentes visões sobre esta tecnologia. Não existe uma visão certa ou errada dela, a rede é denominada inteligente se suprir as necessidades específicas. Logo como as especificações podem mudar de um lugar para outro o seu conceito de *Smart grid* também difere (LEITE,2013).

Este assunto no Brasil é estudado pelo grupo de trabalho do Ministério de Minas e Energia - MME. O grupo define que cinco funcionalidades precisam estar presentes para que haja a caracterização de uma rede inteligente: medir grandezas; transmitir; processar as informações; tomar decisões e atuar de forma remota na rede (MME, 2012, apud LEITE, 2013).

Logo, as redes inteligentes necessitam de implementação prévia de medidores mais modernos, que incorporem tecnologias de informática e soluções para telecomunicações que as redes convencionais de energia elétrica (LEITE, 2013).

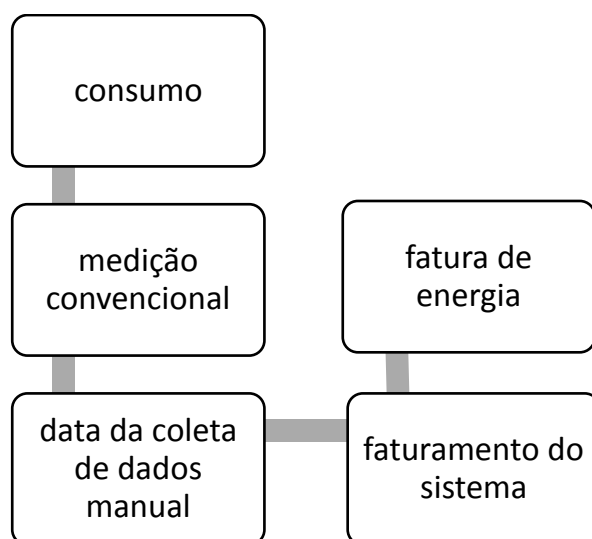
2.2. *Smart metering*

Smart metering é um termo em inglês que traduzido para o português significa contador inteligente.

O medidor inteligente de consumo de energia elétrica é o principal componente de uma rede *Smart metering* (DE SOUZA et al, 2015).

Os medidores convencionais de energia, eletromecânicos ou eletrônicos funcionam de forma isolada. Sendo que é registrado o consumo acumulado de energia ativa e observado uma vez ao mês, disponibilizando informações suscetíveis a falhas (Fortes et al, 2017). A Figura 1 demonstra o fluxograma do processo de retirada das informações em um medidor convencional.

Figura 1: Processo de informações com um Medidor Convencional.



Fonte: MODIFICADO DE FORTES et al, 2017.

Já o medidor inteligente se difere do convencional pois a capacidade dele de comunicar-se por algum meio de comunicação aplicável a rede com a distribuidora e por ter infinidade de possibilidades para a sua aplicação de sensores para que a distribuidora obtenha controle diversificados tanto da qualidade de serviço como da redução de perdas (DE SOUZA et al, 2015).

O compartilhamento das informações para as unidades de geração de energia, sistemas de transmissão e de controle proporcionam uma maior agilidade para identificação e solução de problemas operacionais como a gestão mais eficiente para o fluxo de energia, fazendo com que atenda os pontos demandados com mais eficiência (FORTES et al, 2017).

A aplicação do Smart Metering leva em consideração, além do custo, o tamanho da área, a quantidade de medidores na área, a segurança e confiabilidade da informação. Existe atualmente diversas tecnologias de comunicação, dentre elas estão: Wi-Fi, WiMAX, PLC, ZigBee, RF Mesh e ADSL (DE SOUZA et al, 2015).

A parte de tecnologias de automação também participam das funções dos medidores inteligentes. Estando constantemente conectado ao centro de controle da distribuidora, tarefas como o corte e o fornecimento de energia para um cliente específico se torna bastante prático, essa ação pode ser realizada apenas com comandos enviados remotamente, ordenando o chaveamento na conexão do consumidor (DE SOUZA et al, 2015).

No Brasil, com a publicação da resolução 502/2012 da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), regulamentou-se o uso dos medidores inteligentes para o grupo B. Com a resolução existe a possibilidade do consumidor do grupo B trocar de tarifa para a Branca e usufruir de tudo que o Smart metering pode proporcionar (FORTES et al, 2017).

A Tabela 1, apresenta os diversos benefícios dos *Smart metering* em relação aos medidores convencionais.

Tabela 1: Benefícios do *Smart metering*.

Principais benefícios do Smart metering	
Medição de energia ativa e reativa	Sensor de neutro, sensor de abertura da tampa e alerta antifraude
Capacidade de aplicação de tarifas horarias	Corte e religamento automático
Demanda programável	Mostrador LCD parametrizável e display com seis dígitos
Possibilidade de faturamento em pré-pagamento e pós-pagamento	Saídas ou entradas de pulsos (ou saída serial) porta ótica de comunicação local
Inversão de fluxo (geração distribuída)	Comunicação remota bidirecional
Registro de eventos e apuração de indicadores de continuidade e conformidade	Controle de demanda e entre outros.

Fonte: FORTES et al, 2017.

2.3. Medidores eletrônicos

Os medidores inteligentes, também reconhecidos como medidores eletrônicos, surgiram para atender uma pressão dos governos europeus, que buscavam novas maneiras para a geração de energia que não agravasse o efeito estufa assim as fontes de geração de energia alternativas mais aproveitadas foram a eólica e a solar (TOLEDO,2012, apud DE SOUZA et al, 2015).

Com a inclusão das novas fontes de geração de energia elétrica possibilitou uma maior praticidade para as unidades consumidora pois a geração ocorria não somente nos parques eólicos ou solares, mas ocorria também nas próprias unidades consumidoras (residência, empresas particulares e públicas) criando assim o conceito de geração distribuída (TOLEDO,2012, apud DE SOUZA et al, 2015).

De acordo com De Sousa (2015), atualmente o armazenamento na geração de energia nas unidades consumidores ainda se torna inviável devido aos altos custos das baterias. O que é realizado geralmente é que o consumidor fornece a energia gerada em sua propriedade às distribuidoras, que por sua vez o remunera respeitando as regulamentações de cada país.

Logo, os medidores tradicionais não permitem uma medição do fluxo de potências nos dois sentidos, fonte-carga e carga-fonte, logo permitindo assim o desenvolvimento dos tipos de medidores com maiores funcionalidades os chamados assim medidores inteligentes, que permite as medições em diferentes direções dos fluxos de potência das unidades consumidoras-produtoras (DE SOUZA ET AL, 2015).

Segundo De Souza (2015), os medidores eletrônicos possuem uma série de sensores que permitem detectar anomalias, como uma possível tentativa de fraude no sistema de medição e/ou furto de energia. Todos os sensores são parametrizados possibilitando que as empresas selecionem quais sensores são para estar ativos e programar os alarmes para quando os sensores forem acionados.

Um dos medidores eletrônicos disponíveis no mercado é o medidor eletrônico CRONOS 7023, Figura 2. Este é um medidor eletrônico de energia ativa e reativa, apropriado tanto para instalações trifásicas como bifásicas (CATÁLOGO DA CRONOS 7023, 2018).

Figura 2: Medidor eletrônico CRONOS 7023.



Fonte: CATÁLOGO DA CRONOS 7023, 2018.

Constituído por um monitor digital em *Liquid Crystal Display* – LCD, que em português significa “Tela de Cristal Líquido”, possui placa de circuito impresso montada com componentes *Surface Mounting Devices* – SMD, traduzindo para o português significa “Dispositivos de Montagem Superficiais, uma estrutura mecânica de alta resistência e recursos que facilitam a prevenção de fraudes e perdas comerciais das distribuidoras de energia. A sua precisão e robustez dos seus componentes eletrônicos oferecem aos medidores uma maior confiabilidade na medição e durabilidade em campo.

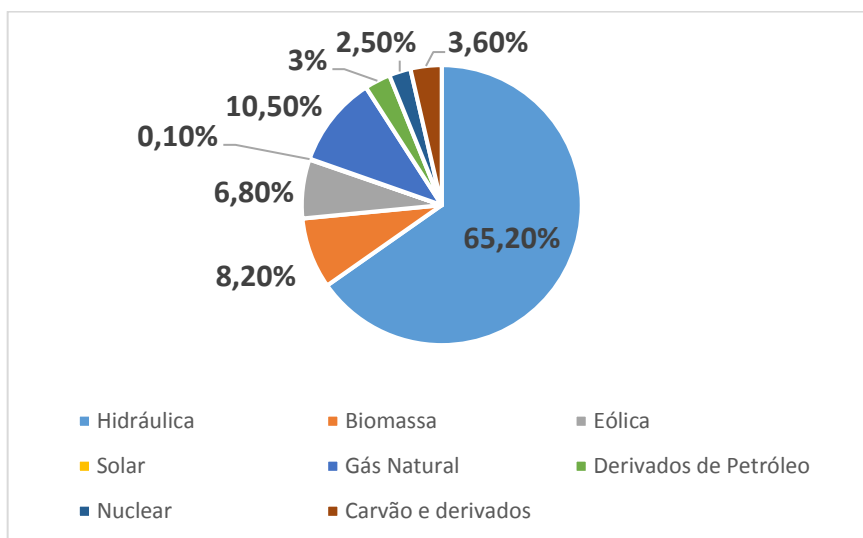
2.4. Motivos para a implementação no Brasil

Embora as criações dos medidores inteligentes possuíssem a finalidade de solucionar problemas dos países europeus com relação a geração com fontes alternativas de energia, o mesmo não se pode aplicar a todos os países pois cada país possui um contexto diferente e pode-se utilizar dessa tecnologia para diferentes aplicações e implementados por diversos motivos. Já que por sua vez, as concessionárias enfrentam problemas diferentes dependente da situação econômica do país (DE SOUZA et al, 2015).

A criação do *Smart Metering* no Brasil pelas empresas do setor elétrico também explorou os fatores que impulsionaram a criação na Europa. O foco de diversas concessionárias atualmente é investir em P&D para que possa favorecer a micro e mini geração de energia elétrica através das fontes alternativas nas unidades consumidoras (REDES INTELIGENTES, 2015, apud DE SOUZA et al,2015).

A situação atual em que o Brasil se encontra é de períodos de estiagem o que causa possíveis intempéries, pois mesmo que a matriz elétrica do Brasil, como pode ser observada na Figura 3, possua uma quantidade significativa de participação das usinas hidráulicas na geração de energia elétrica, cerca de 65,2% do total, esta fonte de energia não está imune (EPE,2018). Logo ocorre uma necessidade de acionamentos das usinas termelétricas que possuem uma geração de energia através principalmente da queima de combustíveis fósseis. Por esses motivos é imprescindível a necessidades de projetos que facilitem a implementação cada vez mais significativa de novas fontes de energia elétrica como a solar e a eólica (DE SOUZA et al, 2015).

Figura 3: Matriz elétrica do Brasil em 2017.



Fonte: Modificado de EPE,2018.

De acordo com De Souza (2015), inicialmente a aplicação da tecnologia *Smart metering* tinha como um dos motivadores para a implementação o combate a prática de furtos de energia, mas também ocorria a necessidade de realizar as conexões/desconexões a longa distância, preservando assim alguns funcionários das distribuidoras, pois esta ação pode não ser bem aceita pelos consumidores locais e entre outros.

A implementação do *Smart metering* no setor de energia elétrica pode trazer alguns benefícios a empresas do ramo. A Tabela 2 apresenta alguns desses benefícios.

Tabela 2: Benefícios da implementação dos *Smart metering*.

Benefícios da implementação dos <i>Smart metering</i>	
Facilidade na leitura do consumo	Eficiência energética
A possibilidade de conectar e desconectar o fornecimento de energia elétrica à distância	Atenuar os picos de consumo
Reduzir as perdas não técnicas provenientes de erro de leitura	Confiabilidade do sistema
Aplicação de um novo modelo de faturamento	Satisfação do consumidor
Reduzir o tempo de atendimento em caso de falhas na rede	Planejamento eficiente da distribuição

Fonte: Modificado de DE SOUZA et al,2015.

Segundo De Souza (2015), os benefícios da aplicação do *Smart metering*, como citado na Tabela 2, pode ser utilizado de maneiras eficiente da energia. Dentre as funcionalidades futuras esperadas é implementar essa tecnologia para que o consumidor possa verificar diariamente, por onde ele estiver, o consumo atualizado com a distribuidora através de interfaces como sites, aplicativos de celulares, canais de atendimento e entre outros. Sendo isso possível o consumidor poderá se planejar para que não ocorra uma situação em que o consumo mensal complique sua situação financeira.

2.5. Aplicações do *Smart metering* no Brasil

Atualmente no Brasil algumas empresas estão desenvolvendo Projetos-Piloto de estudo e implementação de redes inteligentes.

A empresa Light anda investindo nas novas tecnologias em smart grid, pois reduzem falhas, interrupções e oferece ao cliente um acompanhamento em tempo real do consumo mensal de energia por meio de medidores digitais, possibilitando assim um uso mais eficiente de energia (LIGHT,2018).

O programa Smart Grid Light proporcionará muitos benefícios, principalmente, redução das perdas comerciais, da inadimplência, das interrupções na rede elétrica, do tempo de restabelecimento de energia e dos custos operacionais. Os clientes, por sua vez, poderão acompanhar, remotamente, o quanto estão consumindo de energia elétrica e ajustar seus perfis de consumo (LIGHT,2018).

No ano de 2014, conclui-se o processo licitatório para aquisição de um milhão de medidores eletrônicos e de novos sistemas, logo possibilitará a automatização dos religadores de rede aérea e das câmaras subterrâneas (LIGHT,2018).

Outra empresa que está aplicando projetos-piloto é a Companhia Energética de Minas Gerais – CEMIG, com o projeto cidades do futuro pretende investir na aplicação das redes inteligentes de energia em suas instalações elétricas, telecomunicações, sistemas computacionais e interface com consumidores e geradores distribuídos (CEMIG,2018).

O plano de ação de relacionamento e comunicação com o consumidor possuem o propósito de motivar a adesão à Prova de Conceito – PoC do Projeto assegurando o envolvimento dos consumidores do início ao fim do projeto. No projeto foram identificadas e analisadas as formas de relacionamento entre a comunidade da CEMIG e com os consumidores que participarão da PoC, através da criação de uma maquete, elaboração de cartilhas e folders (CEMIG,2018).

Foram acrescentados ao projeto definições de estratégias de engajamento do consumidor nos períodos de interação nos momentos das instalações dos medidores, nos workshops e no acompanhamento durante a PoC (CEMIG,2018).

A Enel, antiga companhia Energética do Ceará – COELCE, possui com um projeto em fase de desenvolvimento. Cujo o nome do projeto é: Projeto de Pesquisa e Desenvolvimento Para implantação de Um Piloto de Redes Inteligentes (Smart Grid) para Automação do Sistema Elétrico – Aquiraz. Este tem por finalidade realizar o desenvolvimento e implantação de um Piloto de Rede Inteligente na cidade de Aquiraz à 30 km de Fortaleza no Ceará, este piloto contará com um Sistema de Reposição Automática –SRA para rede de média tensão em 13,8 kV, dotado de um Sistema Inteligente para Mudança Automática de Ajuste do Sistema de Proteção -SIAP para a rede de média tensão em 13,8 kV (REDES INTELIGENTES BRASIL, 2018).

De acordo com a Redes inteligentes Brasil (2018), além dos projetos citados anteriormente, no Brasil possuem mais algumas empresas que conduzem projetos-piloto com a aplicação de Smart Grid, dentre elas estão: a Light Serviços de Eletricidade S.A. e Ampla Energia e Serviços S.A; O Grupo CPFL Energia com o projeto de *Smart Grid*; o Projeto Eletropaulo Digital, Cidade Inteligente Búzios – Ampla/Endesa Brasil, Parintins – Eletrobrás Amazonas Energia, InovCity – EDP Bandeirante, Paraná Smart Grid – Copel e Arquipélago Fernando de Noronha – CELPE (Redes Inteligentes Brasil , 2018).

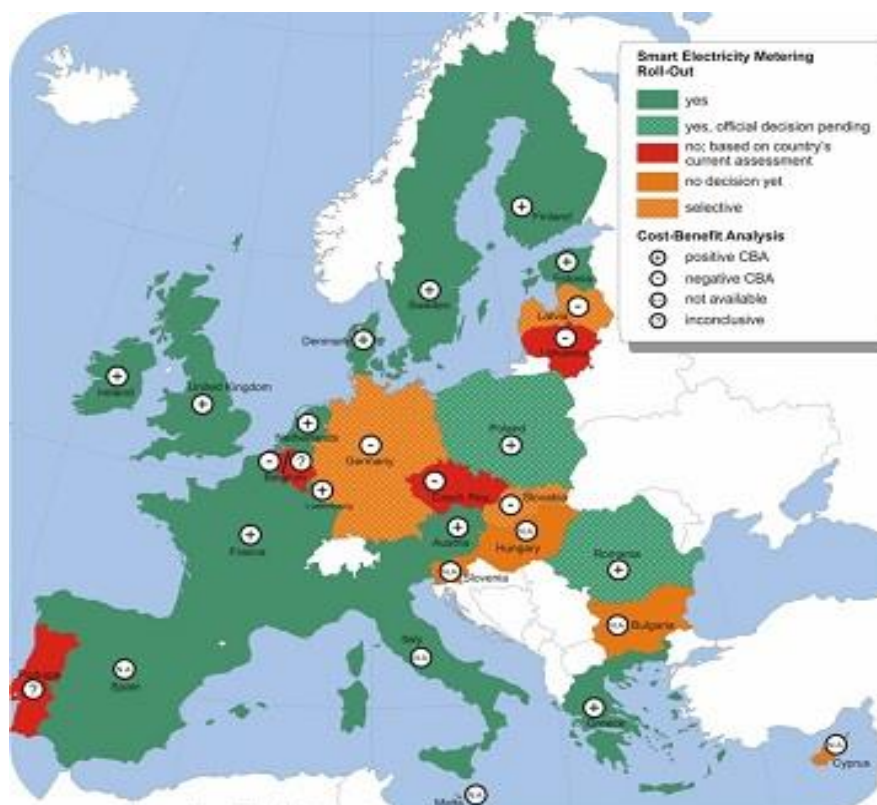
2.6. Aplicações do *Smart metering* no mundo

A tecnologia de Smart metering já está sendo aplicado em alguns países ao redor do mundo, enfatiza-se assim a sua importância para pesquisas sobre este assunto.

A Comissão Europeia publicou o documento “*Benchmarking smart metering deployment in the EU-27 with a focus on electricity*” que traduzindo para o português significa: "Comparativo da implantação de contadores inteligentes na UE-27, com enfoque na eletricidade", este documento foi um trabalho conjunto da DG ENER e pela JRC no ano de 2014 (JOINT RESEARCH CENTRE,2018).

Segundo o Joint Research Centre (2018), o relatório contabiliza os progressos identificado na implantação dos contadores inteligentes nos Estados-Membros da União Europeia (UE), tendo como base avaliações econômicas dos custos benefícios a longo prazo na medição de eletricidade pelos Estados-Membros. Em seguida, apresentados à Comissão de acordo com Provisões do terceiro pacote de energia. O relatório fornece informações resumidas sobre as implantações nos Estados-Membros recebidos, suas melhores práticas e lições aprendidas. A Figura 4 apresenta quais Estados-Membros estão com a medição inteligente implantados.

Figura 4: Medição inteligente de eletricidade na UE.



Fonte: JOINT RESEARCH CENTRE,2018.

Pode-se observar que os países verdes sem listras são os já possuem a instalação da medição inteligente. Os países verdes com listras ainda falta uma decisão oficial pendente. Os de vermelho não foram implantados e os de laranja estão no processo seletivo.

É obrigação dos Estados-Membros garantir a aplicação de contadores inteligentes ao abrigo da legislação da UE relativa ao mercado da energia. Implementação esta pode estar sujeita a uma análise de custo-benefício- CBA a longo prazo. Quando ocorre que a CBA é positiva, a meta é de 80% de inclusão da tecnologia até 2020 (JOINT RESEARCH CENTRE,2018).

De acordo com Joint Research Centre (2018), atualmente, os Estados-Membros comprometeram-se a lançar perto de 200 milhões de contadores inteligentes de eletricidade até 2020. Espera-se que quase 72% dos consumidores europeus tenham um medidor inteligente de eletricidade no ano de 2020.

O custo de um sistema de medição varia entre € 200 e € 250 por cliente proporcionando benefícios por ponto de medição de € 309 para eletricidade, em média, 3% de economia de energia. A implantação em toda a UE depende dos critérios amplamente decididos pelos Estados-Membros, como acordos regulamentários e o grau em que os sistemas a serem implementados serão tecnicamente e comercialmente interoperáveis, garantir a privacidade e a segurança dos dados (JOINT RESEARCH CENTRE,2018).

Para que ocorra a implantação das redes inteligentes as empresas de energia precisam da sua própria rede de telecomunicações, ou pode firmar parcerias com empresas que possam dar o suporte necessário para a transmissões das informações. Em Portugal já foi implantado a transmissão dos dados utilizando a própria rede elétrica por meio da tecnologia Power Line Communications- PLC (SCIENTIFIC AMERICAN BRASIL, 2018).

Um projeto pioneiro no mundo foi aplicado na Holanda no qual se utilizou da aplicação total de redes inteligentes, este projeto é conhecido por Power Matching City, este começou a ser instalado em 2009 na província holandesa de Groningen, e consiste em tornar a residência de 40 famílias vizinhas totalmente sustentáveis (DE SOUZA et al, 2015).

De acordo com a Scientific American Brasil (2018) nos Estados Unidos já estão sendo feitos testes para que as Smart Grids monitorem em tempo real e as concessionárias possam interferir e tomar providências em relação ao uso de energia, por exemplo, para programar o consumo de eletrodomésticos ou sistemas de calefação/ar-condicionado. Com uma comunicação de mão dupla entre a concessionaria e o consumidor, assim eventuais falhas podem ser detectadas e corrigidas com mais rapidez e eficiência.

No ano de 2009, o governo dos Estados Unidos iniciou-se um plano com o intuito de modernizar a o sistema elétrico do país, tendo como objetivo melhorar a confiabilidade do sistema, reduzir a demanda de energia elétrica e poder controlar a qualidade da energia, gerenciando a variação de tensão e tendo o controle sobre a energia reativa (DE SOUZA et al,2015).

Segundo De Souza et al (2015), nos Estados Unidos implementou-se 99 projetos que foram necessárias uma demanda de U\$7,8 bilhões, dos quais foram provenientes do governo e de setores privados. Destes projetos, cerca de 62 projetos incluem a aplicação da tecnologia de medição inteligente.

Como esta tecnologia se tornou uma necessidade mundial, muitos outros países incluindo o Brasil estão desenvolvendo projetos com redes inteligentes. Como muitos projetos estão em desenvolvimentos dentro de pouco tempo haverá muitos outros resultados da aplicação das redes inteligentes.

3. COMPONENTES E PROCEDIMENTOS

3.1. Componentes

Nesta secção são apresentados os componentes e as ligações elétricas necessários para uma futura construção de um protótipo que possa realizar uma medição não invasiva no lado leste do campus da Universidade Federal Rural do Semi-Arido -UFERSA na cidade de Mossoró no estado do Rio Grande do Norte -RN.

Para realização de um protótipo em trabalhos futuros, serão necessários os seguintes componentes: um sensor infravermelho, um microcontrolador, um shield para a transferência de dados e um aplicativo para celulares.

A UFERSA possui uma instalação trifásica, seu medidor instalado é o Medidor Cronos 7023 apresentado na seção 2.3, ele possui uma saída de dados via infravermelho.

3.1.1. Arduino ®

Em primeiro lugar, precisa-se especificar qual microcontrolador utilizar para poder realizar o processamento de dados recebidos do medidor eletrônico CRONOS 7023.

O Arduino é uma placa pequena de microcontrolador contendo um conector Universal Serial Bus -USB permitindo assim fazer uma ligação com um computador. O arduino contém diversos pinos que realizam a conexão com os circuitos eletrônicos externo, por exemplo: motores, alto-falantes, relés, diodos laser, sensores, LED's, shield's microfone, entre outros (MONK,2014).

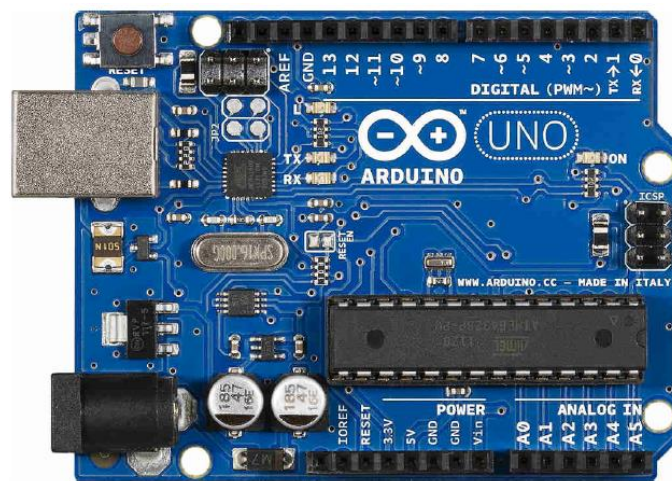
O Arduino trata-se de uma placa de desenvolvimento e uma plataforma de código aberto (*Open-Source*) que possui uma intenção de contribuir no aprendizado de eletrônica para projetistas e estudantes. O seu principal objetivo criar um dispositivo de baixo custo no qual, permitissem que os estudantes pudessem desenvolver seus protótipos e projetos com o menor custo possível (DE BRITO, 2016).

Uma das maneiras para que os arduinos sejam energizados é através de um conector USB a partir de um computador ou de uma bateria de 9V. Os arduinos podem ser controlados por um computador ou até mesmos primeiramente ser programado por um computador e em seguida, desconecta-los para trabalharem de forma autônoma (MONK,2014).

O arduino é composto por dois componentes principais: o Software e o Hardware. O software é um Ambiente de Desenvolvimento Integrado –IDE, no qual é executado em um computador onde é realizado a programação, esta parte é conhecida como sketch, na qual é realizado um upload para uma placa de prototipagem arduino através de uma comunicação serial. O hardware é formado por uma placa de prototipagem, nesta placa é onde ocorre a construções de objeto (DE BRITO, 2016).

De acordo com a Figura 5, que apresenta o arduino UNO pode-se observar a presença de diversos conectores que ligam a interface com o mundo externo.

Figura 5: Arduino UNO.



Fonte: De Brito ,2016.

A Tabela 3 apresenta as divisões dos pinos encontrados na placa do Arduino UNO.

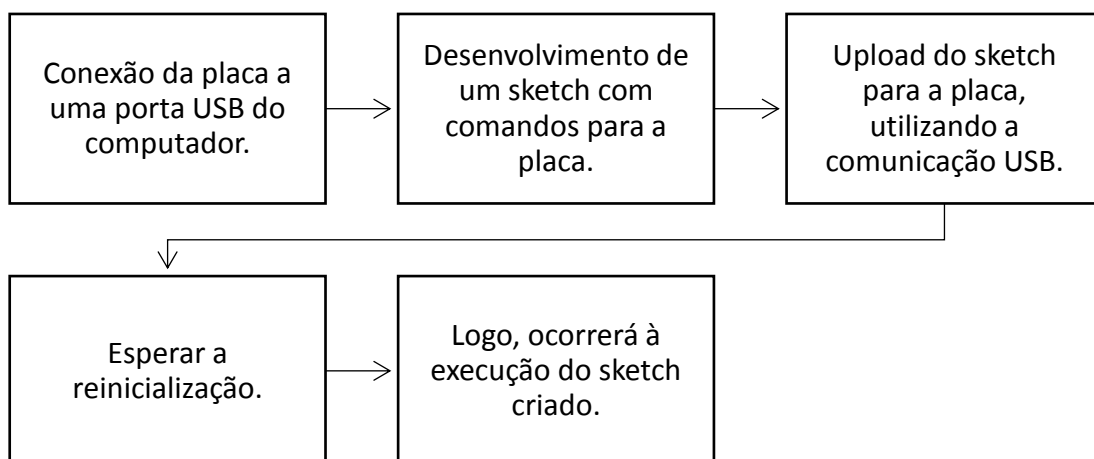
Tabela 3: Divisões dos pinos do Arduino UNO.

Divisões dos pinos do arduino UNO	
14 pinos de entrada e saída digital (pinos 0-13):	Podem ser utilizados como entradas ou saídas digitais conforme a necessidade do projeto e de como foi definido no sketch criado no IDE.
6 pinos de entradas analógicas (pinos a0 - a5):	Estes pinos são dedicados a receber valores analógicos como por exemplo, a tensão de um sensor.
6 pinos de saídas analógicas (pinos 3, 5, 6, 9, 10 e 11):	Estes são pinos digitais que podem ser programados para serem utilizados como saídas analógicas.

Fonte: Modificado de DE BRITO,2016.

O Ciclo de programação do Arduino, Figura 6, pode ser dividido da seguinte maneira:

Figura 6: Ciclo de programação do Arduino.



Fonte: Modificado de De Brito,2016.

Logo, o arduino tem como função receber os dados que foram enviados do medidor CRONOS 7023 através do sensor infravermelho, que tem como função a captura dos dados para o arduino. Dentro do Sketch, poderia ser declarada as variáveis para cada tipo de dado que se deseja obter a informação.

3.1.2. Sensores infravermelhos

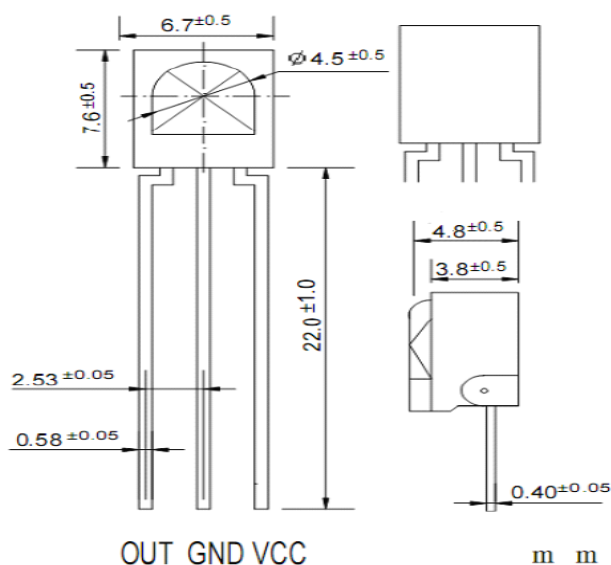
A utilização de um sensor infravermelho é essencial pois através dele será captado os dados enviados pelo medidor Cronos 7023.

Existem sensores de infravermelho passivos e ativos, mas este trabalho apenas será tratado o sensor de infravermelho passivo não emite luz infravermelha, mas apenas capta esse tipo de luz no ambiente. O sensor infravermelho escolhido é o Receptor Infravermelho 1838B.

Este sensor se trata um componente eletrônico projetado para receber sinais infravermelhos enviados por dispositivos remotos, os quais contenham comandos específicos enviados a uma placa microcontroladora.

Este sensor é compatível com muitos sistemas de microcontroladores, por exemplo: Arduino, Raspberry Pi, AVR, PIC, ARM, entre outros. O Receptor Infravermelho 1838B é de fácil instalação, já que conta com 3 pinos, como pode ser observado na Figura 7, para ligação com a placa microcontroladora.

Figura 7: Receptor Infravermelho 1838B.



Fonte: DATASHEET 1338b, 2018.

O pino mais à direita é a da alimentação VCC, o pino ao centro é o para conectar a terra – GND e o pino a esquerda é a saída do sinal, Vout.

Quando o Medidor eletrônico enviar os sinais infravermelhos o sensor irá captá-los passando para o microcontrolador, o Arduino UNO, no qual ele irá processar os dados recebidos e irá enviar os comandos para outros dispositivos que no caso será o Shield Wireless SD.

Pode-se observar na Tabela 4, algumas características e especificações do sensor receptor infravermelho 1838B.

Tabela 4: Características e especificações do sensor infravermelho.

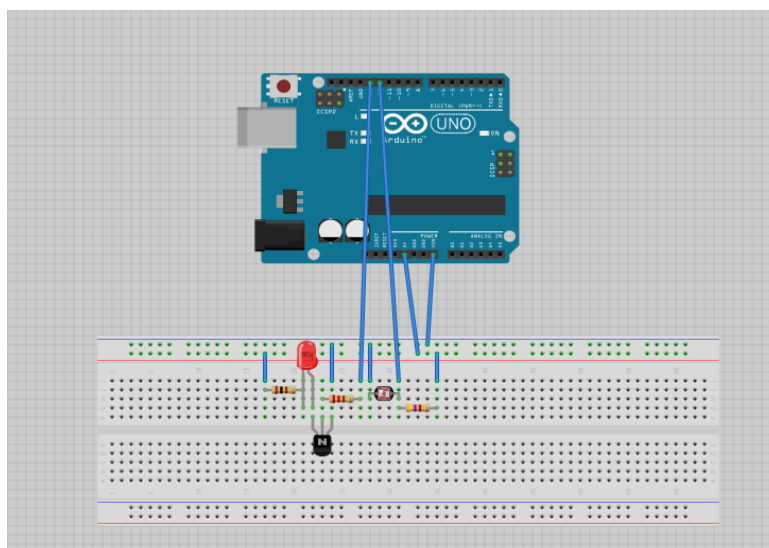
Características e especificações do sensor infravermelho	
Modelo: VS 1838B;	Tensão em nível lógico baixo: 0,4V
3 pinos para aplicação;	Tensão em nível lógico alto: até 4,5V
Distância de Alcance: Até 18 metros (Sem obstáculos);	Temperatura de trabalho: -20° ~ 85°;
Tensão de trabalho: 2,7V ~ 5,5V;	Dimensões (CxLxE): 7,5x6x5,2mm
Consumo de corrente: 1,5uA;	Comprimento total: 29,8mm;
Ângulo: +/- 45°;	Frequência de trabalho: 38Khz.

Fonte: DATASHEET 1838b, 2018.

Ao ser utilizado em conjunto com o arduino, o método mais simples é utilizar uma biblioteca *open-source* já criada por outra pessoa, como por exemplo o *IRremote*, pois esta biblioteca quando um pulso é gerado pelo sensor, ela fornece para o programa os dados necessários para atuar em qualquer tipo de mecanismo ou sistema desejado (SABER ELÉTRICA, 2018).

A Figura 8 apresenta a simulação de ligação entre o arduino e o sensor infravermelho. A ligação é realizada pelos componentes básicos como a alimentação ligado a 5V no arduino e ligação dos pinos de entradas digitais com a numeração 13 e 12. Existe uma alimentação do circuito que sai do pino VIN do Arduino.

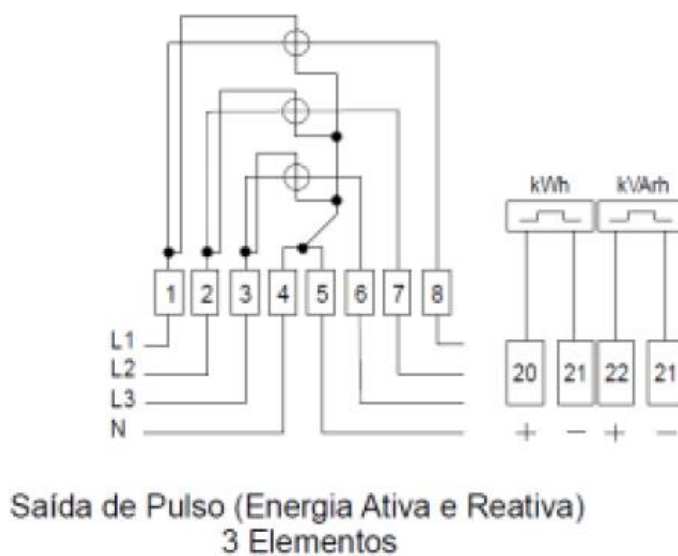
Figura 8: Ligação Arduino e sensor infravermelho.



Fonte: SABER ELÉTRICA,2018.

Outra maneira possível, é realizar uma conexão do arduino ao medidor através cabos transmissores de dados forma serial, que possam ser conectados as saídas de pulso do medidor CRONOS 7023 e em seguida enviar os dados para os arduino UNO, a Figura 9 apresenta o esquema das saídas de pulso do medidor. Nessas saídas de pulso são apresentadas o consumo de energia ativa (kWh) e reativa (kVARh) do consumidor.

Figura 9: Saídas de pulso do medidor CRONOS 7023.



Fonte: CATÁLOGO CRONOS 7023,2018.

3.1.3. *Shield Wireless*

Com medição realizada e as variáveis declaradas no arduino, em seguida tem-se a necessidade de transmitir os dados processados pelo arduino UNO. Foi pensado uma maneira simples de se fazer essa transmissão e uma dessas maneiras encontradas é através de Shields, onde entre eles foi escolhido o shield wireless SD, pois através dele tem como um aplicativo ter acesso aos dados do arduino.

O *shield Wireless SD* , Figura 10, permite que haja uma comunicação sem a necessidade de um fio, funcionando de forma similar a uma rede wireless dos computadores atuais, onde através dele pode haver uma troca de dados entre o arduino e uma plataforma no qual esteja controlando ele. Esse módulo possui um alcance aproximado de 100 pés dentro de uma residência ou 300 pés ao ar livre. (ARDUINO, 2017).

Figura 10: *Shield Wireless SD*.



Fonte: ARDUINO, 2018.

A Figura 11 apresenta a conexão do arduino ao *Shield Wireless SD* que é realizado através de pinos que se encaixam em todas as entradas do arduino, após esse encaixe os pinos que estão disponíveis no arduino passam agora a estar disponíveis no Shield, com as mesmas nomenclaturas e funções.

Figura 11: Conexão entre arduino e o *Shield Wireless SD*.



Fonte: INSTRUCTABLES,2018.

3.2.4. Aplicativo Blynk

Com a possibilidade da conexão com o arduino e a leitura de dados, para que ocorra uma maior facilidade para a visualização dos dados, necessita-se da utilização de um aplicativo já disponível comercialmente.

O aplicativo indicado seria o Blynk, onde ele já possui todas as características necessárias para tal função.

O Blynk, Figura 12, é aplicativo desenvolvido para iOS e Android que possui uma função de controlar o arduino e outros dispositivos, utilizando-se a internet. Este dispositivo consiste num painel digital que se torna possível construir uma interface gráfica para projetos sem complicações (DE BRITO, 2016).

Figura 12: Aplicativo Blynk.



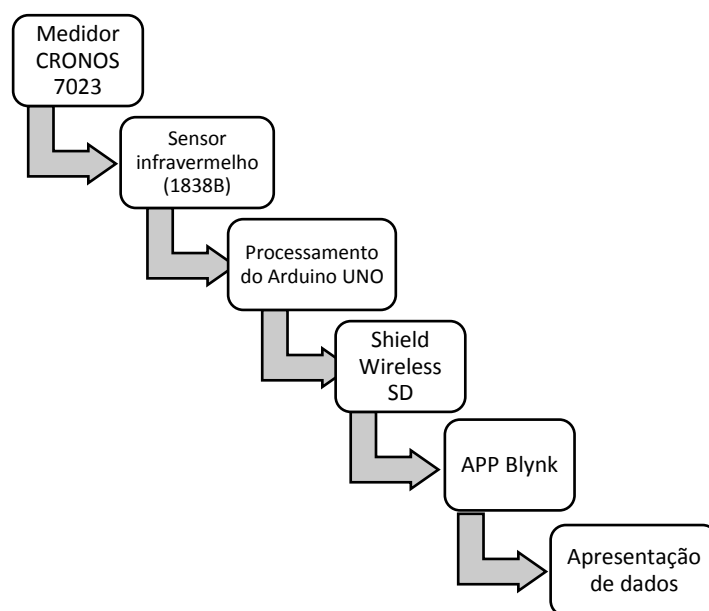
Fonte: EMBARCADOS,2018.

O Blynk não se vincula a algum dispositivo ou shield específico, logo se um Arduino estiver conectado à internet através do Wi-Fi ou Ethernet o aplicativo poderá ir on-line e expor todas as informações que o projetista desejar (DE BRITO, 2016).

A facilidade com que o aplicativo é disponível qualquer pessoa pode utiliza-lo, mas precisa-se de ter um conhecimento específico do assunto para poder configura-lo da maneira que desejar ou da necessidade do projeto.

Após as escolhas dos componentes pode-se observar na figura 13, o princípio de funcionamento de um possível protótipo construído a partir das ideias apresentadas neste trabalho com os materiais apresentados neste trabalho.

Figura 13: Princípio de funcionamento do protótipo proposto.



Fonte: Autoria própria.

O medidor CRONOS 7023 irá enviar o sinal infravermelho contendo dados que irá ser receitado pelo sensor receptor infravermelho 1338b no qual irá transferir esses dados para o arduino, este por sua vez irá processar esses dados e transmitir com a utilização do *Shield Wireless* para uma rede, no qual o Aplicativo Blynk irá receber esses dados e irá apresentar os dados enviados do medidor.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com este trabalho percebe-se o constante desenvolvimento da tecnologia *Smart Grid* vem fazendo com que vários países, incluindo o Brasil, aposte cada vez mais nessa área. Apresenta a importância e os benefícios para a população dos países que já possuem a implementação das *Smart grids* pois permitem, pois, quanto mais automatizados sejam as unidades consumidoras, mais as concessionárias desses países poderão realizar trabalhos com maior eficiência e agilidade. Demonstra também que a tecnologia *Smart grid* favorece também o avanço de fontes alternativas como a Solar e a Eólica.

O presente trabalho além de apresentar a importância sobre este tema demonstra que com componentes simples vendidos comercialmente, como: o microcontrolador arduino UNO, o sensor infravermelho 1838B, o Shild Wireless SD e aplicativo blynk que é disponível de forma gratuito, pode-se construir um protótipo que se possibilite as pessoas a realizarem medições não-invasivas sejam nas universidades, empresas, indústria ou residências. Com isso os responsáveis passam a possuir informações sobre a energia elétrica medida a qualquer hora.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Arduino. **Arduino Wireless SD Shield**. Disponível em: <https://store.arduino.cc/usa/arduino-wireless-sd-shield>. Acesso em: 27 de agosto de 2018.

Catalogo Cronos 7023. **Eletra Energy Solutions**. Disponível em: <http://www.eletraenergy.com.br/portifolio/20-medidores/medidores-residenciais/linha-cronos/24-cronos-7023>. Acesso em: 06 de julho de 2018.

CEMIG. **Redes inteligentes na CEMIG**. Disponível em: http://www.cemig.com.br/pt-br/A_Cemig_e_o_Futuro/sustentabilidade/nossos_programas/Redes_Inteligentes/Paginas/as_redes_inteligentes_na_cemig.aspx. Acesso em: 27 de agosto de 2018.

DA SILVA, W. B. A. **Automação de um sistema de aquecimento solar de água convencional**. 2014. 69 f. monografia – Universidade Federal Rural do Semi-Árido. Bacharelado em Ciência e Tecnologia. Mossoró-RN.

DATASHEET 1338B. **Datasheet receptor infravermelho 1338b**. Disponível em: https://www.usinainfo.com.br/index.php?controller=attachment&id_attachment=366. Acesso em: 27 de agosto de 2018.

DE BRITO, J. L. G. **Sistema para monitoramento de consumo de energia elétrica particular, em tempo real e não invasivo utilizando a tecnologia Arduino**. 2016. 104 f. Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Elétrica- Universidade Estadual de Londrina- Londrina.

DE SOUZA, S. D. et al. **SMART-GRID: Aplicação da medição inteligente para a redução de perdas técnicas e não técnicas na distribuição de energia elétrica**. 2015. 46 f. monografia - Faculdade de Americana. Bacharelado em Engenharia Elétrica. Americana - SP.

EPE. **Balanco Energético Anual**. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2018>. Acesso em: 27 de agosto de 2018.

FORTES, M. Z. et al. **Análise da adoção de medidores inteligentes como instrumento da política pública de eficiência energética**. Engevista, V.19, n. 2, p. 316-327, 2017.

INSTRUCTABLE. **Conexão arduino e shield wireless SD**. Figura 11. Disponível em: <https://www.instructables.com/id/Arduino-Wireless-SD-Shield-Tutorial/>. Acesso em: 14 de setembro de 2018.

Joint Research Centre. **Smart Metering deployment in the European Union**. Disponível em: <http://ses.jrc.ec.europa.eu/smart-metering-deployment-european-union>. Acesso em: 28 de agosto de 2018.

LEITE, D. R. V. **Medidores eletrônicos: análise de viabilidade econômica no contexto das Redes inteligentes**. 2013. 81 f. Dissertação – Faculdade de tecnologia da universidade de Brasília. Mestrado em Engenharia elétrica. Brasília.

LOPES, Y. et al. **Smart Grid e IEC 61850: Novos Desafios em Redes e Telecomunicações para o Sistema Elétrico**, 2012. Disponível em: http://sbrt.org.br/sbrt2012/publicacoes/99346_1.pdf. Acesso em :13 de setembro de 2018.

MONK, Simon. **30 projetos com Arduino**. Porto Alegre: Bookman, 2014. 214 f.

Portal Light. **Compromisso: conservar a biodiversidade de nossos reservatórios e do seu entorno**. Disponível em: http://www.light.com.br/grupo-light/Sustentabilidade/meio-ambiente-e-clima_tecnologia.aspx. Acesso em: 27 de agosto de 2018.

Redes inteligentes Brasil. **Cidade inteligente Aquiraz**. Disponível em: <http://redesinteligentesbrasil.org.br/cidade-inteligente-aquiraz.html>. Acesso em: 27 de agosto de 2018.

Saber elétrica. **Sensor infravermelho- Funcionamento, características e funções**. Disponível em: <https://www.sabereletrica.com.br/sensor-infravermelho-funcionamento/>. Acesso em: 29 de agosto de 2018.