



V SINGEP

Simposio Internacional de Gest3o de Projetos, Inova3o e Sustentabilidade
International Symposium on Project Management, Innovation and Sustainability

ISSN: 2317 - 8302

Prot3tipo de um medidor de energia el3trica inteligente: Aplicado a unidades consumidoras residenciais

JOS3 ELIAS CARVALHO MARCELINO

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCA3O, CI3NCIA E TECNOLOGIA DA BAHIA

j.eliascmarcelino@gmail.com

THARSIA CRISTIANY DE CARVALHO COSTA

UFRN

tharsia@gmail.com

PAULO ROBERTO RIBEIRO MORAIS

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCA3O, CI3NCIA E TECNOLOGIA DA BAHIA

paulo.morais@ifba.edu.br

O desenvolvimento desse trabalho s3 foi poss3vel gra3as ao apoio da FAPESB que tem como miss3o buscar Viabilizar a33es de Ci3ncia, Tecnologia e Inova3o para o desenvolvimento sustent3vel da Bahia, em parceria com diversas institui33es de ensino. Gra3as a parceria com o IFBA tive a oportunidade de receber apoio para avan3ar na pesquisa.



PROTÓTIPO DE UM MEDIDOR DE ENERGIA ELÉTRICA INTELIGENTE: APLICADO A UNIDADES CONSUMIDORAS RESIDÊNCIAS.

Resumo

Este trabalho tem como propósito o desenvolvimento de um medidor de energia inteligente a ser aplicado em unidades consumidores residenciais, para obtenção de informações sobre o consumo, a qualidade da energia entregue e evolução no combate as perdas comerciais. Por meio da elaboração de um protótipo utilizando a plataforma Arduino, sensores de tensão e corrente, o desenvolvimento de um software próprio que analisa as grandezas elétricas desejadas, baseado nas características determinadas pelos órgãos regulamentadores do setor elétrico no Brasil. O protótipo de medidor montado, possibilitou durante os testes realizados, analisar o comportamento da tensão entregue pela concessionária com precisão e o comportamento da corrente demandada pela carga, com isso é possível determinar o consumo e os horários de demanda de unidades consumidoras. O método de análise do consumo feito no Brasil hoje trata o consumidor de maneira geral, não levando em consideração as diferentes demandas existentes, a utilização de medidores inteligentes possibilitará a melhoria na aquisição de informações. O protótipo desenvolvido atendeu as expectativas na medição de grandezas elétricas com baixo custo e confiabilidade. Sendo possível com o avanço da pesquisa a sua junção com o sistema de comunicação sem fio enviar os dados obtidos a um centro de processamento.

Palavras-chave: Medidor inteligente, consumo de energia, perdas comerciais, eficiência.

Abstract

This work has implications for the development of a smart power meter that could be applied to residential customers units to obtain information on consumption, the quality of delivered energy and developments in the fight against commercial losses. Through the development of a prototype using Arduino's platform, voltage and current sensors, the development of its own software that analyzes the desired electrical parameters, based on the characteristics determined by the regulators of the electricity sector in Brazil. The meter prototype assembled, allowed during the tests analyze the voltage's behavior delivered by the concessionaire with accuracy and current behavior demanded by the load, it is possible to determine the consumption and the demand hours of consumer units. The analysis method consumption made in Brazil today is the consumer in general, not taking into account the different demands; the use of smart meters will enable the improvement in the acquisition of information. The prototype has met the expectations in the measurement of electrical quantities at low cost and reliability. It is possible to advance research to its junction with the wireless communication system sends the data to a processing center.

Keywords: Smart meter, power consumption, commercial losses, efficiency.



1 Introdução

A distribuição de energia elétrica ao longo dos anos não tem sido tratada como prioridade na aplicação de novas tecnologias (Aguiar, 2009), mas os avanços tecnológicos empregados em toda a sociedade tem exigido uma nova estruturação de todos os processos que compõem o sistema elétrico. Ao percorrer o sistema partindo da geração, passando pela transmissão, e distribuição, chegando ao final do caminho por meio do medidor de energia instalado na unidade consumidora. Esse medidor que hoje em dia está isolado, sendo monitorado em média a cada 30 dias por um funcionário da concessionária, quanto apenas ao consumo daquela unidade, deveria ter mais funcionalidades que possam contribuir para melhorias na distribuição elétrica por meio de envio de informações e identificação de problemas.

Um dos principais problemas na distribuição de energia são as perdas inerentes ao funcionamento do sistema elétrico, pesquisas vem sendo desenvolvidas para redução dessas perdas por meio do avanço nos materiais utilizados em todos os processos. De modo que a perda anual no Brasil ainda é alta, chegando a 52 TeraWatts/hora (TWh) (Vidinich & L. Nery, 2009). Porém essa perda não vem só do material, aproximadamente 44% desse valor é fruto das perdas comerciais que são resultados de erros de medição, fraudes nos sistemas de medição e furto de energia. (Vidinich & L. Nery, 2009).

Dentre os principais tipos de consumidores, é possível destacar três, os industriais, os comerciais e os residenciais. Na distribuição de energia ocorrem perdas técnicas e comerciais que também influenciam na qualidade da energia entregue ao consumidor, os medidores de energia utilizados hoje, não retornam nenhuma informação sobre nível de tensão e corrente das unidades consumidoras residenciais. Essa falta de monitoramento dificulta a identificação de possíveis pontos de falha pela concessionária, impede uma melhor análise do consumo e não permite o conhecimento em relação a qualidade do produto que está sendo entregue.

O trabalho que será apresentado nas seções a seguir, tem como propósito o estudo a introdução de medidores inteligentes para melhoria na distribuição de energia, comparando os modelos atuais utilizados e elaborando um cenário que leve em consideração as particularidades do sistema elétrico brasileiro, tendo como principal foco de estudo as unidades consumidoras residenciais.

2 Referencial Teórico

Para entendimento da medição de energia elétrica residencial, deve-se partir do princípio de funcionamento do medidor de energia. Para os medidores eletromecânicos tradicionais o funcionamento se assemelha ao de um motor de indução, onde os campos gerados pelas bobinas de corrente e de potencial, induzem correntes em um disco, provocando a sua rotação. A energia é a potência dissipada em um determinado período, a medida que a unidade consumidora dissipa energia, a corrente que passa pela bobina do medidor aumenta, juntamente com o giro do disco e assim é registrado o consumo. (Creder, 2007)

Nota-se o quão rudimentar é o processo por meio de medidores eletromecânicos, onde muitos elementos estão envolvidos, aumentando a inserção de possíveis erros, além de que, no caso de uma fraude, a concessionária não vai ter como identificar de forma imediata o dolo, levará no mínimo até a próxima medição do faturamento, para uma possível identificação da irregularidade e no caso de um problema na rede a identificação exata fica ainda mais difícil.

A utilização de medidores eletrônicos significa um avanço no processo de eficiência da medição tanto para a confiabilidade e o monitoramento do consumo, quanto para o envio de mais informações a concessionária. O seu funcionamento se dá por:



Transdutores de tensão e de corrente que fazem a aquisição e adequação dos sinais de entrada a serem multiplicados. O multiplicador determina a potência instantânea por meio da multiplicação dos sinais de tensão e de corrente vindos dos transdutores. A energia é obtida pela integração da potência instantânea que é realizada pelo integrador. Por fim, o resultado é mostrado no registrador. (Neto, Lisita, Machado, Nerys, & Figueiredo, 2011, p. 3)

Podem ser inseridos ao sistema eletrônico de medição a comunicação do medidor com um servidor para o envio dos parâmetros a uma central, onde esses dados deverão ser analisados para que as demandas reais sejam atendidas, com uma melhor gestão das fontes de energia e com isso buscar tornar o processo cada vez mais eficiente. Ainda não existe um sistema de comunicação definido para o uso em medidores eletrônicos inteligentes. Para Schettino et al (2014) apesar dos grandes avanços na tecnologia da informação e telecomunicação, ainda falta o desenvolvimento de padrões e de protocolos de comunicação e até mesmo de evolução e difusão mundial das tecnologias nesse setor, no Brasil esse fato é agravado pelo estrangulamento do atual sistema de comunicação móvel.

Os medidores inteligentes podem realizar medição, cálculos, calibração e comunicação através de hardware e software, para tal, devem ser projetados para armazenar e transmitir dados de acordo com padrões estabelecidos pelos órgãos responsáveis. Uma das principais vantagens da medição inteligente é o monitoramento em tempo real para o abastecimento de um banco de dados o qual deve possibilitar a melhoria do serviço prestado e permitir ao consumidor conhecer melhor seu consumo. Diferente do sistema tradicional onde a medição ocorre uma vez a cada mês e apenas para faturamento, os medidores inteligentes podem ser utilizados como sensores em toda a rede de distribuição e ainda assim realizar todas as funções dos medidores tradicionais. (Silva, 2016)

O desenvolvimento de um medidor deve atender as exigências feitas pelos órgãos regulamentadores do setor elétrico. Para tanto, se faz necessário, buscar os documentos e normativos que possam orientar, quais critérios devem ser atendidos por medidores de energia elétrica. O Procedimento de Distribuição da ANEEL-PRODIST módulo 5 - Sistemas de Medição, determina quais são as metodologias para leitura, registro, compartilhamento e disponibilização de informações das grandezas elétricas (Agência Nacional de Energia Elétrica [ANEEL], 2010).

Com base no último censo do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), realizado no ano de 2010, têm-se como identificar a quantidade de unidades consumidoras do país por região. Como pode ser visto na Tabela 1, são aproximadamente 56,6 milhões de residências com energia elétrica no Brasil, mas as informações sobre consumo e qualidade da energia ainda são limitadas.

Tabela 1

Domicílios particulares permanentes, por existência de energia elétrica, segundo as Grandes Regiões

Grandes Regiões	Domicílios particulares permanentes	Existência de energia elétrica	Não tinham existência de energia elétrica
Região Norte	3.975.533	3.724.295	251.207
Região Nordeste	14.922.901	14.583.662	339.087
Região Sudeste	25.199.799	25.133.234	66.211
Região Sul	8.891.279	8.859.224	31.979
Região Centro-Oeste	4.334.673	4.294.592	40.028
Brasil	57.324.185	56.595.007	728.512

Nota. Adaptado do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Fonte: (IBGE, 2016)



O modelo de tarifação do consumo de energia elétrica aplicado no Brasil, classifica os consumidores em Grupo: A com tarifa binômica e B com tarifa monômica. Essa classificação leva em consideração o nível de tensão que o consumidor será atendido e com isso a demanda (kWh) a ser contratada (ELETROBRAS, 2011). Dentro do grupo B está inserido o subgrupo B1 que será objeto de estudo desse trabalho pois é composto por consumidor residencial e de baixa renda, que são atendidos com tensões de 127 ou 220 V.

Os consumidores são classificados conforme sua demanda média de energia elétrica. No caso dos consumidores residenciais de baixa renda, para que tenham direito a modicidade da tarifa de energia, eles devem estar com um consumo médio entre 30 kWh e 220 kWh. (ANEEL, 2010)

Ao analisar os dados fornecidos pelo IBGE em 2010 na Tabela 1 em comparação com os da Empresa de Pesquisa Energética (EPE) na Tabela 2, notamos um aumento na quantidade de consumidores do ano de 2010 para o ano de 2012, esse aumento pode ser justificado pelos investimentos socioeconômicos feitos durante a última década, permitindo a chegada de energia em muitos locais isolados, propiciando também poder econômico para aquisição de equipamentos elétricos e gerando um maior consumo residencial de energia.

Tabela 2

Informações por região geográfica referente ao ano de 2012

Grandes Regiões	População (milhões)	Consumo na rede (GWh)	Consumo per capita (kWh/ano)	Clientes totais (milhões)	Clientes Residenciais (milhões)	Consumo total médio (kWh/mês)	Consumo Residencial médio (kWh/mês)
Norte	16.335	29.049	1.778	4.285	3.512	565,0	160,5
Nordeste	54.134	75.610	1.397	18.971	16.367	332,1	108,9
Sudeste	81.884	235.237	2.873	32.646	28.547	600,5	179,8
Região Sul	27.849	77.503	2.783	10.920	8.727	591,5	178,5
Centro-Oeste	14.482	30.718	2.121	5.555	4.545	460,8	168,7
Brasil	194.684	448.117	10.952	72.377	61.698	509,98	159,28

Nota. Adaptado do Anuário Estatístico de energia elétrica 2013. Fonte: (Empresa de Pesquisa Energética, 2013)

Entre os anos de 2012 e 2014, ocorreu um aumento na quantidade de consumidores residenciais e conseqüentemente no consumo de energia elétrica, como pode ser visto na Tabela 3, como exemplo podemos citar a região Norte, que saiu de 160,5 kWh/mês para 179 kWh/mês, um aumento de 18,5 kWh/mês e a região Nordeste que saiu de 108,9 kWh/mês para 121 kWh/mês um aumento de 12,1 kWh/mês. É interessante notar a região onde ocorreu a maior inclusão de clientes residenciais, a região Sudeste com 1,698 milhões de clientes, possuiu o menor aumento no consumo médio, apenas 3,2 kWh/mês.

**Tabela 3**

Informações por região geográfica referente ao ano de 2014

Grandes Regiões	População (milhões)	Consumo na rede (GWh)	Consumo per capita (kWh/ano)	Clientes totais (milhões)	Clientes Residenciais (milhões)	Consumo total médio (kWh/mês)	Consumo Residencial médio (kWh/mês)
Norte	17.352	32.364	1.865	4.748	3.937	568,0	179,0
Nordeste	56.373	80.746	1.432	20.321	17.555	331,0	121,0
Sudeste	85.431	243.123	2.846	34.500	30.245	587,0	183,0
Região Sul	29.123	84.819	2.912	11.602	9.319	609,0	190,0
Centro-Oeste	15.331	34.381	2.243	6.002	4.951	477,0	180,0
Brasil	203.610	475.433	11.298	77.173	66.007	514,40	170,6

Nota. Adaptado do Anuário Estatístico de energia elétrica 2015. Fonte: (EPE, 2015)

O aumento do consumo descrito, exige um esforço maior da matriz energética, para a manutenção da continuidade do fornecimento ser atendida. Pode-se notar nos valores de consumo residencial médio descritos nas Tabelas 2 e 3, a generalidade como são tratados os consumidores, isso mostra que o método utilizado no monitoramento do consumo pela grande maioria das concessionárias hoje em dia não permite uma análise mais detalhada desses dados. Tendo em vista a coleta mensal de apenas um dado, o consumo em kWh.

As pesquisas a serem realizadas para o desenvolvimento dos medidores inteligentes, devem levar em consideração que dentro dessas 66,007 milhões de residências, as demandas de consumo são diferentes, da mesma forma que os horários de maior demanda também. Assim, faz-se necessário uma melhoria no fornecimento de informações das concessionárias e das distribuidoras, para isso, mais dados devem ser monitorados. Faz-se necessário o desenvolvimento de um sistema seguro de envio desses dados em tempo real, para um centro de processamento, somente a partir desse momento será possível traçar perfis de determinadas regiões e realizar o fornecimento com maior eficiência.

3. Metodologia

O desenvolvimento da pesquisa foi dividido em três etapas: na primeira etapa foi realizada a pesquisa aplicada sobre a medição elétrica inteligente e o consumo residencial no país, com isso deseja-se elaborar o melhor caminho a ser seguido no desenvolvimento de um medidor que possa atender esse nicho de consumo.

A segunda etapa foi a pesquisa experimental para escolha da plataforma, sensores e materiais a serem utilizados no desenvolvimento do protótipo, posteriormente a sua montagem e realização de testes.

E na terceira etapa será feita a análise dos dados obtidos durante os testes do medidor. Com isso deseja-se definir qual a importância do monitoramento do consumo, como o uso do medidor inteligente pode contribuir na eficiência e no combate as perdas comerciais de energia.

3.1 Materiais e Softwares

Utilizando a plataforma Arduino e sensores, realizou-se estudos simulando um medidor de energia para com isso definir a melhor estratégia no desenvolvimento de um medidor



inteligente que possa atender a realidade brasileira. Para isso foi elaborado o protótipo que pode ser visto na Figura 1, com o intuito de simular situações reais.

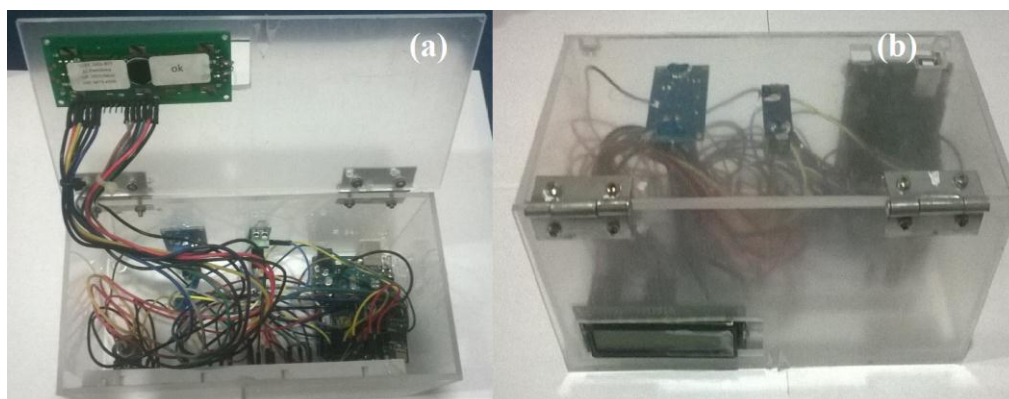


Figura 1

Nota. Na figura temos (a) Visão do interior do protótipo e (b) visão frontal com acesso ao visor LCD.

Para montagem do protótipo foram utilizados os seguintes materiais:

- Placa Arduino UNO;
- sensor de tensão 127/220 V;
- sensor de corrente ASC12 30 A;
- protoboard;
- jumpers;
- caixa de acrílico.

Foram utilizados basicamente dois softwares no desenvolvimento do protótipo, o Arduino IDE, fornecido juntamente com a placa Uno para o desenvolvimento da programação e comandos que serão executados pela placa. E o software Parallax Data Acquisition (PLX-DAQ) software livre que permite o envio dos dados coletados pela placa para uma planilha no computador.

4. Análise dos resultados

O item 4.1.4 da Resolução Normativa Nº 395/2009, define os medidores eletrônicos de energia elétrica para conexão de consumidores do Grupo B, objeto de estudo desse trabalho. O medidor deve atender a regulamentação metrológica pertinente do Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO), ser provido de registrador ciclométrico ou mostrador digital que indique, em leitura local, as grandezas medidas, deve registrar a energia ativa em fluxo direto e quando aplicáveis poderá ser provido de memória de massa para registro de dados para curva de carga (Agência Nacional de Energia Elétrica [ANEEL], 2010).

Com o auxílio da plataforma Arduino em conjunto com sensores de tensão e corrente, procurou-se desenvolver um software para realizar a medição da tensão fornecida e corrente consumida pela carga, com esses dados é possível determinar a potência demandada e os kWh consumidos. A título de estudo as informações coletadas pelo protótipo de medidor foram enviadas para um notebook por meio de cabo USB e auxílio do software livre PLX-DAQ que permite o envio dos dados coletados para uma planilha.

O medidor para ser denominado inteligente, não deve apenas coletar dados e exibi-los, é preciso iniciar o processamento desses dados e tomar algum tipo de decisão. Para Schettino et al (2014) os novos medidores inteligentes devem quantificar em tempo real consumo, qualidade e geração de energia, permitindo a comunicação com a central distribuidora e todos



os seus ganhos devem ser capturados para auxiliar a viabilidade de sua implantação. Com auxílio do Arduino Software (IDE) foi possível elaborar o código e realizar o diálogo entre homem e máquina, deste modo torna-se possível a busca pelo aperfeiçoamento da análise dos dados obtidos pelos sensores e com isso a realização do incremento da inteligência ao medidor. A linguagem utilizada foi a C/C++ que é compatível com o IDE do Arduino. A Figura 2 exemplifica o ambiente utilizado no estudo.

```
Arquivo Editar Sketch Ferramentas Ajuda
Teste_pjk_daq $
38 for(int i=100; i>0; i--){
39     sensorValue_aux = (analogRead(sensorPin) -511.5); // le o sensor na pino analogico A0 eaju
40     sensorValue += pow(sensorValue_aux,2); // somam os quadrados das leituras.
41 }
42
43 sensorValue = (sqrt(sensorValue/ 100)) * voltsporUnidade; // finaliza o calculo da méida quad
44 currentValue = ((sensorValue/0.066)); // calcula a corrente considerando a sensibilidade do s
45
46 // mostra o resultado no terminal
47 Serial.print("Corrente:");
48 Serial.print(currentValue,3);
49 Serial.println(" A");
50 lcd.setCursor(0,0);
51 lcd.print("Corr. (A):");//SAIDA NO LCD COM VALOR DE CORRENTE
52 lcd.setCursor(10,0);
53     lcd.print(currentValue);
54     sensorValue =0;
55 //BLOCO REFERENTE A TENSÃO DE 127V
56 valFinal=0;
57 valor=0;
58 valor = analogRead(portaAnalog); //LEITURA DO VALOR NA PORTA ANALOGICA
59 if ((valor > 100) & (valor < 483)) { //SE VARIÁVEL FOR MAIOR QUE 100 E MENOR QUE 483 FAZ
60     valFinal = ((valor*5)/1023)+64.7; //VARIÁVEL RECEBE O VALOR GERADO PELA CONTA(O VALOR 68.3
```

Figura 2

Nota. Arduino IDE ambiente de desenvolvimento do software a ser implementado no medidor.

Após o desenvolvimento do código visando atender os conceitos identificados como necessários para um medidor inteligente, foi realizada uma etapa de testes, onde foram feitas medições com o protótipo elaborado e confrontada por outro equipamento de medição, para identificação da confiabilidade do protótipo que está sendo elaborado. Para essa etapa de aferição foi utilizado um multímetro digital VA-330 da INSTRUTHERM.

Na primeira etapa, foi feito o teste com o protótipo ligado à uma rede 127V/60Hz, sem nenhuma carga para monitorar o nível de tensão, corrente e potência. Nessa situação sem carga esperava-se valores nulos para corrente e potência, pois não existia nenhuma carga os exigindo. Entretanto foi identificado um valor de corrente muito pequeno pelo sensor, variando entre 100 e 270 mA, durante o teste sem carga. Já a tensão medida pelo sensor foi condizente com o valor medido pelo multímetro utilizado para aferição, ocorrendo variações de no máximo 1 V, diferente do sensor de corrente. Como o erro informado para o sensor ASC12 30 A, segundo o seu data sheet deve ser de no máximo $\pm 1,5\%$, decidiu-se por seguir nos testes com o objetivo de verificar o comportamento do protótipo e dos sensores com carga.

Na Figura 3 tem-se o comparativo da medição feita pelo protótipo em desenvolvimento e o multímetro digital utilizado. A tensão medida pelo sensor foi muito próxima do real, com uma diferença de apenas 1 V, já a corrente medida pelo sensor teve uma diferença de 270 mA.

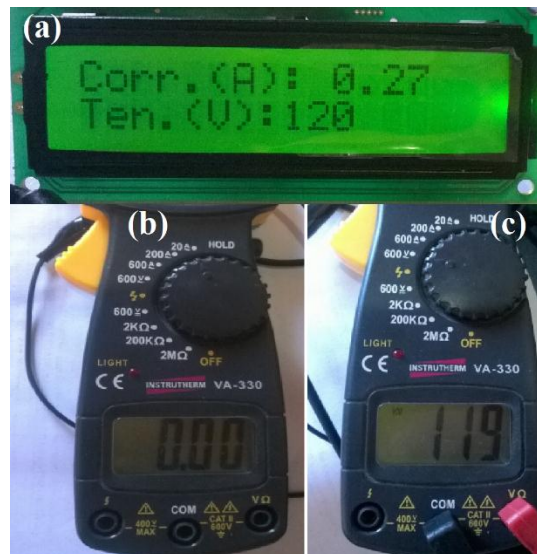


Figura 3

Medição feita pelos sensores sem carga em comparação com multímetro VA-330.

Nota. (a) Valores obtidos pelo protótipo, (b) corrente e (c) tensão medida pelo multímetro.

A partir desse momento foi introduzido na etapa de testes o software livre PLX-DAQ, com o objetivo de coletar esses dados obtidos pelos sensores, para serem melhor analisados com auxílio de uma planilha. Como pode ser notado na Figura 4, os dados sendo capturados para um estudo mais apurado das variações observadas durante os testes.

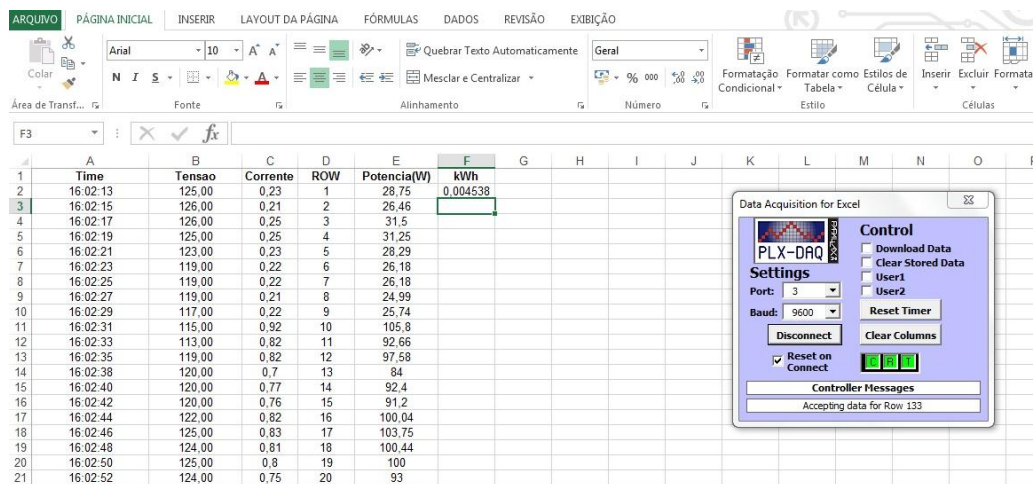


Figura 4

Nota. Dados obtidos pelos sensores, sendo enviados para planilha com auxílio do software PLX-DAQ.

A Figura 5 contém valores de tensão coletados com o software citado anteriormente e trabalhados em planilha. A exposição desses dados graficamente permite uma melhor visualização do comportamento da tensão, no caso do teste sem carga descrito, os valores apresentaram oscilações da tensão dentro do aceitável, que segundo a orientação do Procedimento de Distribuição de Energia Elétrica - PRODIST, a tensão de regime permanente, que no caso foi de 127 V, será considerada adequada quando estiver entre $116 \leq TL \leq 133$ V (ANEEL, 2010).

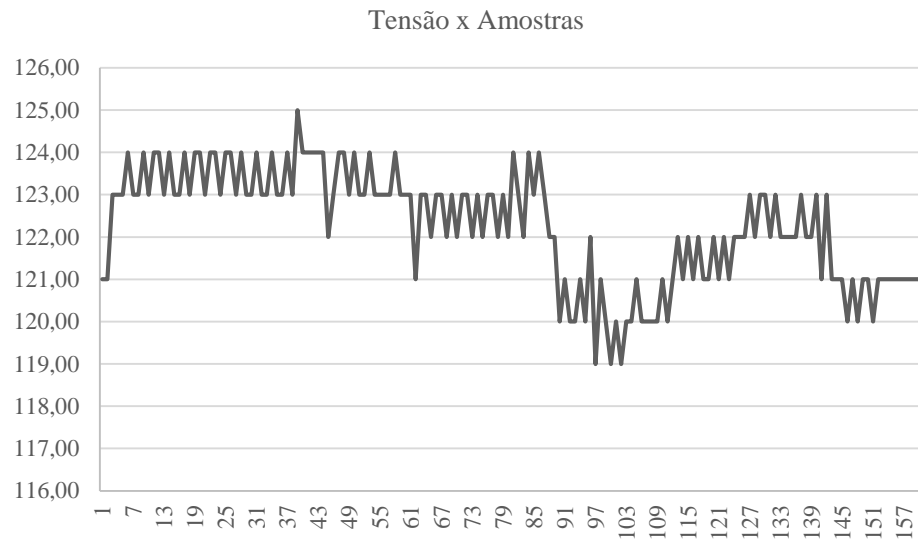


Figura 5

Nota. Amostras da medição de tensão durante teste sem carga

Na Figura 6 tem-se uma amostra da corrente medida no teste sem carga, como observado na Figura 3 onde a corrente medida pelo multímetro foi 0 A, o sensor utilizado deveria identificar o mesmo nível de corrente, porém observou-se um valor inicial de 270 mA e posteriormente esse valor diminuiu, chegando 120 mA. A solução do problema é manipular o valor de ajuste inserido no software desenvolvido, até se chegar na medição correta da corrente.

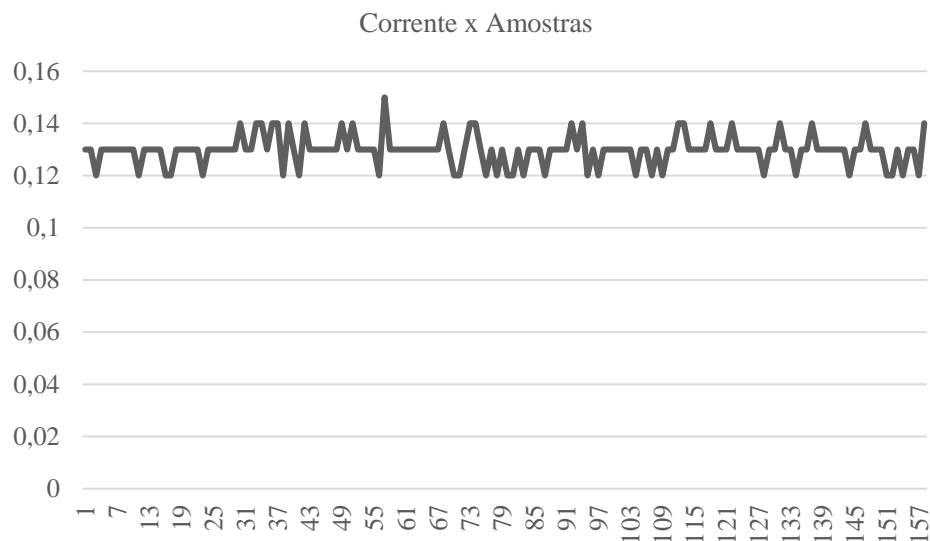


Figura 6

Nota. Amostras da corrente medida durante teste sem carga

No teste do protótipo com carga, foi utilizado novamente a rede de alimentação de 127 V/60Hz conectada a um motor com as seguintes características, potência ativa de 80 W, tensão nominal de 127 V e frequência de 60Hz, para análise do seu comportamento. Inicialmente tanto para o teste com e sem carga, os valores medidos foram analisados apenas observando os dados mostrados no visor LCD do protótipo proposto. No momento do teste com a carga, foi possível observar que o sensor de tensão continuou realizando medições dentro do esperado e o sensor



de corrente apresentou oscilações entre medições corretas e medições com erros maiores que o aceitável especificado pelo seu fabricante.

Ao analisar e comparar as medidas coletadas pelo medidor proposto e o multímetro, observa-se, na Figura 7, que o erro visto inicialmente para a medição sem carga diminuiu, porém continuou ocorrendo. Para o teste com carga esse erro chegou no máximo de 11,7%, bem acima do especificado pelo fabricante, que seria de 1,5%, esse tipo de problema pode ser corrigido na aferição do equipamento.

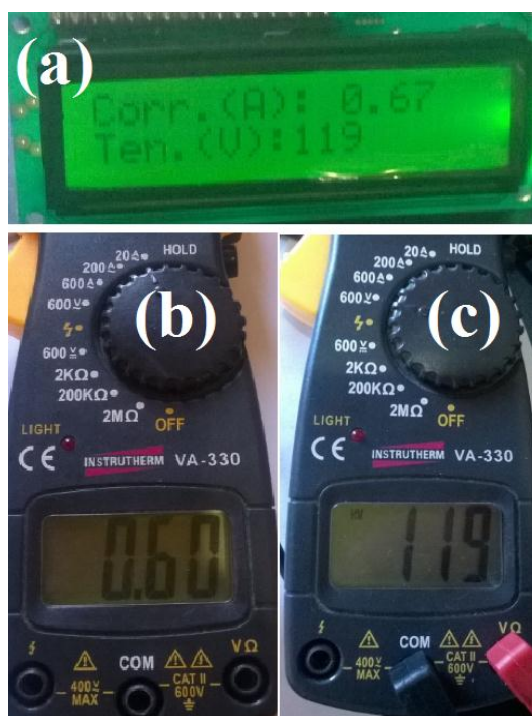


Figura 7

Nota. Medição feita pelos sensores com carga em comparação com multímetro VA-330. (a) Valores obtidos pelo protótipo, (b) corrente medida e (c) tensão medida pelo multímetro.

Os valores de tensão vistos na Figura 8, foram coletados pelo protótipo na segunda etapa dos testes e mantiveram a precisão. Na segunda etapa de teste com carga, foi observado o afundamento da tensão em alguns momentos, saindo do valor aceitável descrito anteriormente para tensão de atendimento de 127 V, que é caracterizada como precária quando está entre $109 \leq TL \leq 116$ V, para o caso de subtensão (ANEEL, 2010). Esse é um dos problemas presentes na energia elétrica entregue as unidades residenciais ao longo do dia, a utilização do medidor inteligente como sensor, ao enviar essas informações a um servidor, vai ajudar a concessionária a identificar em quais momentos ocorrem as adversidades, a frequência com que ocorrem, buscar quais são suas causas e tomar atitudes para solucioná-las .

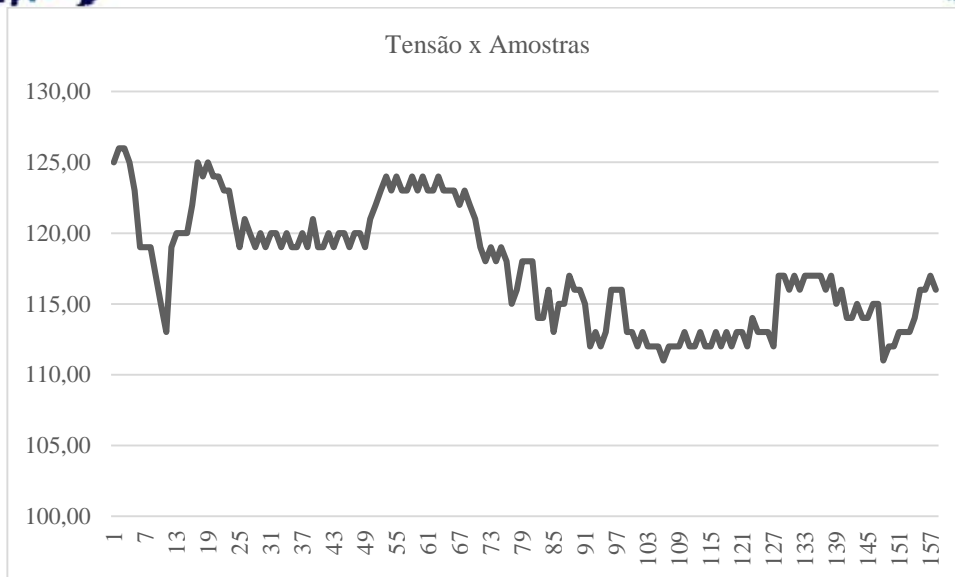


Figura 8

Nota. Amostras de tensão no teste com carga

No caso da corrente medida durante o teste com carga, foi colocada uma amostra dos valores medidos na Figura 9. Os valores iniciais são para corrente sem a carga, onde nota-se um valor pequeno ainda presente, depois a carga é ligada, nesse momento ocorre um pico de corrente e posteriormente a corrente entra em um regime quase que permanente. O valor de corrente que o protótipo apresentou, foi próximo do identificado pelo multímetro utilizado e a diferença entre as medidas diminuiu. A correção dessa diferença deve ser feita com uma melhor calibração do sensor.

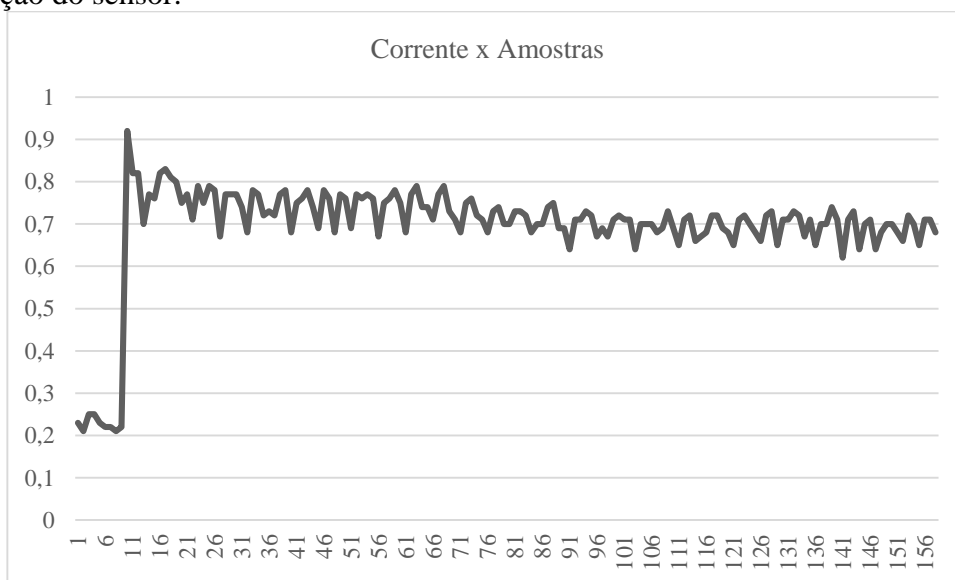


Figura 9

Nota. Amostras de medição corrente no teste com carga

5. Considerações finais

Para o desenvolvimento do medidor inteligente de energia, deve-se ter em mente o pensamento preditivo, prever situações que possam vir a acontecer em condições reais e submeter o protótipo as adversidades. Tanto para garantia da qualidade dos dados obtidos,



quanto para elaboração de padrões, que impeçam a violação do medidor, a realização de possíveis fraudes e permitam a detecção dos furtos de energia.

As regiões Norte e Nordeste têm se desenvolvido muito nos últimos anos, juntamente com seu consumo energético médio, porém são regiões ainda carentes de um fornecimento de qualidade e com pouco estudo sobre seu perfil de consumo. É preciso tornar o sistema elétrico mais eficiente na distribuição e no consumo. A utilização dos medidores inteligentes permitirá a aquisição de informações em tempo real para tornar a distribuição mais dinâmica, adequando as fontes de geração de energia ao consumo de maneira mais eficiente, aumentando a continuidade do fornecimento de energia, minimizando ao máximo as falhas, acelerando a identificação e solução de problemas.

Apesar do protótipo desenvolvido ter apresentado alguns erros de medição, principalmente na medição de corrente, o resultado geral foi eficiente. Como essa etapa do trabalho foram feitos estudos, testes e desenvolvimento, o protótipo contém muitos fios para as conexões e a caixa de acrílico utilizado não possui ainda o design apropriado. Para produção em grande escala será possível confeccionar uma única placa eletrônica com todos os sensores e circuitos utilizados no protótipo, com isso o tamanho do medidor eletrônico será reduzido, além de minimizar custos na sua produção e conseqüentemente no seu valor final.

Na próxima etapa da pesquisa será realizada a minimização dos erros, o desenvolvimento e aperfeiçoamento do método de comunicação do protótipo do medidor aqui exposto com um servidor, visando um sistema com a implementação compatível com a realidade do país e das regiões mais isoladas. Deve-se levar em consideração o custo, a confiabilidade e a qualidade, pois como o número de unidades consumidoras é muito grande e o custo da substituição do sistema de medição atual é responsabilidade da distribuidora, é preciso tornar essa modernização economicamente viável.

6. Referências

- Agência Nacional de Energia Elétrica [ANEEL]. (2010). *Módulo 5-Sistemas de Medição (Resolução/395)*, Brasília, DF, *Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico, PRODIST*. Autor.
- Aguiar, J. d. (2009). Novos tempos na distribuição de energia elétrica no Brasil. *Pesquisa e Desenvolvimento da ANEEL*, 129.
- ANEEL. (2010). *Módulo 8-Qualidade da Energia Elétrica (Resolução/395)*, Brasília, DF, *Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – PRODIST*. Autor.
- ANEEL. (2010). *Resolução Homologatória (Resolução/945)*, Brasília, DF, *Agência Nacional de Energia Elétrica*. Autor.
- Creder, H. (2007). *Instalações Elétricas*. Rio de Janeiro: LTC.
- ELETROBRAS. (Agosto de 2011). *PROCEL Manual de Tarifação da Energia Elétrica*.
Fonte: Site do Ministério de Minas e Energia: <http://www.mme.gov.br>
- Empresa de Pesquisa Energética. (2013). Anuário estatístico de energia elétrica. *Recuperado em 14 de agosto, 2016 de*
http://www.epe.gov.br/AnuarioEstatisticodeEnergiaEletrica/20130909_1.pdf. Autor.
- EPE. (2015). Anuário Estatístico de energia elétrica 2015. *Recuperado em 14 de agosto, 2016, Recuperado em*
<http://www.epe.gov.br/AnuarioEstatisticodeEnergiaEletrica/Anu%C3%A1rio%20Estat%C3%ADstico%20de%20Energia%20El%C3%A9trica%202015.pdf>. Autor.



V SINGEP

Simpósio Internacional de Gestão de Projetos, Inovação e Sustentabilidade

International Symposium on Project Management, Innovation and Sustainability

ISSN: 2317 - 8302

- IBGE. (14 de Agosto de 2016). *Sinopse do Censo Demográfico 2010*. Fonte: Site do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística:
<http://www.censo2010.ibge.gov.br/sinopse/index.php?dados=P13>
- Neto, D. P., Lisita, L. R., Machado, P. C., Nerys, J. W., & Figueiredo, M. G. (Abril de 2011). *Desempenho dos medidores monofásicos de energia dos tipos eletrônico e de indução*. Brasília: ATITUDE .
- Schettino, S. (2014). *Smart Grid: tendências de sua implantação no Brasil*. Curitiba: Appris.
- Silva, C. M. (2016). *Medidor Inteligente para monitoramento de falhas em redes de baixa tensão*. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade de Brasília-UnB. Brasília, Distrito Federal, Brasil.
- Vidinich, R., & L. Nery, G. A. (2009). Pesquisa e Desenvolvimento contra o furto de energia. *Pesquisa e Desenvolvimento da ANEEL*, 129.