

MEDIDOR DE ENERGIA ELÉTRICA MONITORADO ATRAVÉS DE COMUNICAÇÃO REMOTA

Ivone Fraga do Nascimento¹, Ana Claudia de Melo Oliveira²

¹Discente de Graduação Tecnologia da Automação Industrial - IFS Campus Lagarto.
e-mail: ivone-fraga@hotmail.com; ²Professora do Curso Tecnologia da Automação Industrial - IFS Campus
Lagarto. e-mail: ana.melo@ifs.edu.br

RESUMO: Os medidores de energia elétrica têm um papel muito importante para as empresas de distribuição, pois através deles é possível monitorar o consumo durante um determinado período de tempo e com os valores armazenados é calculado o saldo da conta a ser pago pelo cliente. Na maioria das vezes esse valor não é muito aceito, pois representa uma grande parte da renda do consumidor. Isso acontece porque não se tem um controle de gastos, o qual deveria ser feito uma análise de cada equipamento individualmente, para que dessa forma soubesse qual deles não está tendo desempenho satisfatório. O projeto visa medir grandezas elétricas de grande importância, tanto para a empresa de distribuição como para o cliente. Os valores de tensão, corrente, potência, consumo e valor da conta, são medidos e enviados através da comunicação remota via SMS, sendo que em qualquer momento pode ser solicitado que automaticamente através de uma programação usando a plataforma arduino, módulo GSM (Sistema Global para Comunicações Móveis) e sensores de tensão e corrente, os dados serão enviados instantaneamente. Em uma época de grande dependência de energia para as tarefas do cotidiano, saber usar os recursos de forma consciente poderá beneficiar ambas as partes. Mesmo com o alto investimento em projetos de eficiência energética ainda há grandes impactos ambientais com relação ao desperdício de energia. De forma geral, o protótipo funciona para medição do consumo de energia elétrica e a partir do valor medido realizar a monitoração que é um método de analisar a eficiência dos equipamentos e com isso o consumidor poderá tomar decisões a respeito.

Palavras-chave: Consumo; Energia; Eficiência Energética; Medidores; Arduino.

ABSTRACT: The electric energy meters have a very important role in the middle of distribution, because through them it is possible to monitor the consumption for a certain period of time and with the stored values is calculated the account balance to be paid by the customer. Most of the time this value is not very accepted, because it represents a large part of the income of the consumer. This is because you don't have a spending control, which should be done an analysis of each device individually, so that way I knew which one is having satisfactory performance. The project aims to measure electrical quantities of great importance for both the distribution undertaking and the client. The values of voltage, current, power, consumption and value of the account, are measured and sent through remote communication via SMS, and can be requested at any time which automatically through a schedule using the arduino platform, module GSM (Global System for mobile communications) and voltage and current sensors, the data will be sent instantly. In a time of great dependence of energy for the tasks of the daily, to know to use the resources in a conscious way can benefit both parts. Even with the high investment in projects of energy efficiency there are still great environmental impacts regarding the waste of energy. In a general way the prototype works for measurement of the electric power consumption and starting from the measured value to accomplish the monitoração that is a method of analyzing the efficiency of the equipments.

Keywords: Consumption; Energy; Energy Efficiency; Meters; Arduino.

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos as grandes organizações administradoras de recursos ambientais, aumentou a preocupação com o acréscimo do uso das fontes de energia. Alguns dados estáticos mostram que, se o consumo continuar se intensificando, futuramente poderá se tornar incapaz a distribuição de energia para o fornecimento que atenda a toda a população, caso algumas medidas de precauções não sejam tomadas [1].

Existem estudos sobre equipamentos de medições de consumo que mostram o valor gasto por cada equipamento, esses são importantes para identificar a eficiência do produto, pois a concorrência de mercado aumenta cada vez mais com as novas descobertas da tecnologia e para se manter no alto patamar de vendas é preciso investir em inovações e melhorias [2]. Alguns consumidores procuram equipamentos de qualidade e que ao mesmo tempo gere custo benefício, com isso o programa de eficiência energética (PEE) através da lei nº 9 de 24 de julho de 2000, tem como objetivo promover o uso eficiente e racional de energia [3].

Os indicadores de medições são criados com o intuito de levar a melhoria de qualidade para as empresas. Com o uso da ferramenta OEE – Eficiência Global do Equipamento, que tem como objetivo mostrar e reduzir as perdas, aumentar a flexibilidade de produção e aumentar a qualidade do equipamento, ajudando dessa forma no crescimento e desenvolvimento da indústria [4], tornando-se possível tomar decisões corretas a respeito dos problemas de consumo e saber se o produto está com o desempenho satisfatório.

A energia elétrica tornou-se indispensável no dia-a-dia de toda a população, onde o setor residencial é responsável por boa parte do consumo [5]. Referente ao consumo de cada equipamento, em alguns casos o consumidor não tem noção dos gastos que cada aparelho eletrônico consome, principalmente o consumo em relação ao tempo que está ligado, fazendo com que eles não deem a importância devida e deixe-os funcionando mesmo sem estar em uso. Devido à falta de conhecimento com relação a esse tema, se torna difícil obter um consumo eficiente, onde tanto o consumidor como o meio ambiente sejam beneficiados.

O protótipo desenvolvido no presente trabalho possui alguns pontos diferenciais dos demais existentes no mercado, pois a maioria dos medidores são usados para calcular o consumo geral de um estabelecimento e também não disponibiliza o valor que será pago, apenas no final do mês que é contabilizado. O projeto tem esses pontos positivos, pois através dele o consumidor poderá medir o consumo individual de cada equipamento, e imediatamente gerar o

valor monetário em relação as tarifas de distribuição que serão pagas se o equipamento ficar ligado durante um determinado tempo. Com isso o cliente pode calcular o consumo geral de sua residência como também o valor da conta de energia, caso a pessoa se encontre no local ela poderá visualizar as informações no display, senão, há qualquer momento e em qualquer lugar poderá enviar uma mensagem SMS para o número do chip instalado no medidor que imediatamente irá ter um retorno dos valores solicitados.

Pensando nisso, o projeto foi criado com o intuito de auxiliar as pessoas a avaliarem o consumo de seus equipamentos, com isso elas poderão optar por outros mais econômicos ou estabelecer o tempo de uso, evitando assim um valor mais alto na conta de energia. A maior vantagem do projeto é também para as empresas fornecedoras, pois com ele é possível verificar automaticamente de forma remota o valor que foi gasto, isso através do envio de SMS usado por alguma operadora de rede, sem precisar fazer a visita domiciliar.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O protótipo do medidor de energia elétrica foi construído para monitorar valores de tensão e corrente, através do uso de sensores, considerando uma rede monofásica, bifásica ou trifásica. Com o uso da plataforma arduino utilizando o software para a programação, foi possível calcular valores de potência, consumo de energia e o valor a ser pago durante um determinado período de tempo.

O projeto é composto por duas partes, onde uma é feita pela parte física do protótipo que pode ser chamada de hardware pode ser visualizada através do desenho (Figura 1), o qual foi confeccionado no programa Fritzing e a segunda parte é a parte lógica, na qual é feita a programação chamada de software.

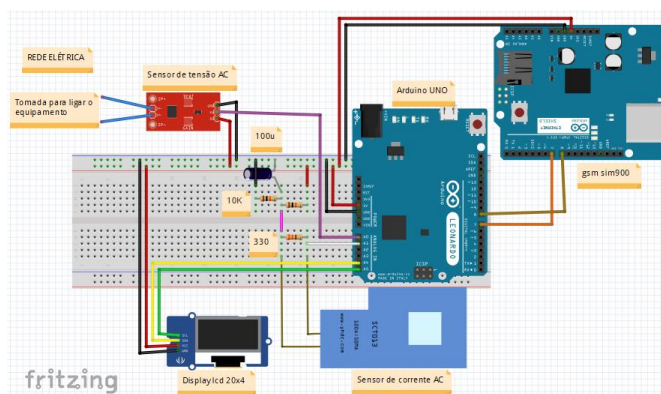


Figura 1: Desenho esquemático do projeto

Fonte: Autores, 2018

O sensor de corrente utilizado é considerado não invasivo, pois não é necessário interromper ou fazer alteração para realizar a leitura. Seu funcionamento é parecido com um amperímetro, no qual se faz necessário apenas abrir o sensor e envolver apenas um fio do equipamento que será medido. De acordo com o datasheet do sensor ele possui uma variação de corrente na saída e para gerar uma medição mais precisa foi necessário usar um circuito com divisor de tensão.

Já o sensor de tensão CA foi utilizado como um voltímetro, foi ligado em paralelo ao equipamento e conectado ao arduino através da porta analógica. O funcionamento exige fazer calibrações antes de realizar qualquer medição, pois o valor lido pela porta analógica não é fixo, caso o sensor seja desligado da rede e religado novamente há alterações de valores que faz com que a leitura não seja exata, por isso se faz necessário a calibração manual antes do uso.

Para montagem e testes, foram utilizados os materiais citados na Tabela 1.

Tabela 1 – Lista de Materiais

MATERIAIS	QUANTIDADE	CUSTO
Arduino UNO	1	R\$ 20,49
Sensor de corrente não invasivo SCT013	1	R\$ 14,65
Sensor de Tensão CA p8 GBK	1	R\$ 17,90
Módulo GSM SIM900	1	R\$ 53,73
Protoboard	1	R\$ 10,76
Display LCD 20x4	1	R\$ 19,34
Alicate Amperímetro (MINIPA)	1	R\$ 112,82
Voltímetro (STAR CABLE)	1	R\$ 69,90
Capacitor Eletrolítico	1x10 μ F	R\$ 0,50
Resistor	2x10K Ω ; 1x10 Ω ; 1x22 Ω	R\$ 1,00
Fios de energia	2m de fio	R\$ 5,00
Fios jumpers	3 pacotes de 30 unid/tipo	R\$ 16,96
Caixa de Acrílico	1 (22 cm x 15cm)	R\$ 8,90
Chip de celular	1	R\$ 10,00
TOTAL		R\$ 361,95

Com os valores obtidos através dos sensores de corrente e tensão de forma direta foi possível calcular a potência do equipamento de forma indireta. A potência ativa foi encontrada com o uso da equação 1, para redes monofásicas e bifásicas:

$$P = U * I \quad (1)$$

Onde, P é a potência (W), U é tensão (V) e I é a corrente (A). A potência monitorada foi calculada de forma automática através da programação e transmitida pelo display LCD. Para calcular a potência em redes trifásicas, foi usado a equação 2:

$$P = U * I * \sqrt{3} * \cos \theta \quad (2)$$

Onde, P é a potência (W), U é a tensão (V) em linha, I é a corrente (A) e $\cos \theta$ é o fator de potência.

Para calcular o consumo de energia do aparelho, foi usado a equação 3:

$$C = \frac{P * H * D}{1000} \quad (3)$$

Onde, C: representa o consumo em (kWh);

P: a potência em (W);

H: o tempo em horas que o equipamento ficou em uso (1 h);

D: quantidade de dias (30 dias);

Por fim para encontrar o valor da conta em reais, foi multiplicado o valor do consumo pela tarifa que vem sendo aplicado pela distribuidora de energia à classe residencial padrão, pois existe vários tipos de tarifas que vai de acordo com os benefícios que o consumidor possui. Tipo os que são cadastrados no programa do governo como baixa renda que possui um valor de tarifa diferenciado. O valor da conta foi calculado como mostra a equação 4.

$$V_C = C * 0,46759 \quad (4)$$

Onde, V_C : representa o valor da conta (R\$);

C: representa o consumo em (kWh).

Todos esses valores podem ser visualizados no display LCD, caso o usuário esteja no local de acesso, mas também podem ser solicitados através de SMS. Isso se tornou possível pelo uso do modulo GSM SIM900, o qual possui transmissão de dados via SMS, chamadas, internet e fax. Para seu funcionamento faz-se necessário o uso de chip (cartão) para fazer a conexão de rede.

A programação feita determina alguns comandos para o uso da comunicação remota, sempre que a pessoa quiser receber algum dado ela deverá enviar a mensagem de acordo com o comando, os quais antecede de um “#” seguindo de um número, conforme especificado abaixo:

#0 = receber o menu de opções.

#1 = receber o valor da tensão.

#2 = receber o valor da corrente.

#3 = receber o valor da potência.

#4 = receber o valor do consumo.

#5 = receber o valor da conta.

O diagrama de bloco (Figura 2), mostra como ocorre a comunicação entre os componentes de forma resumida

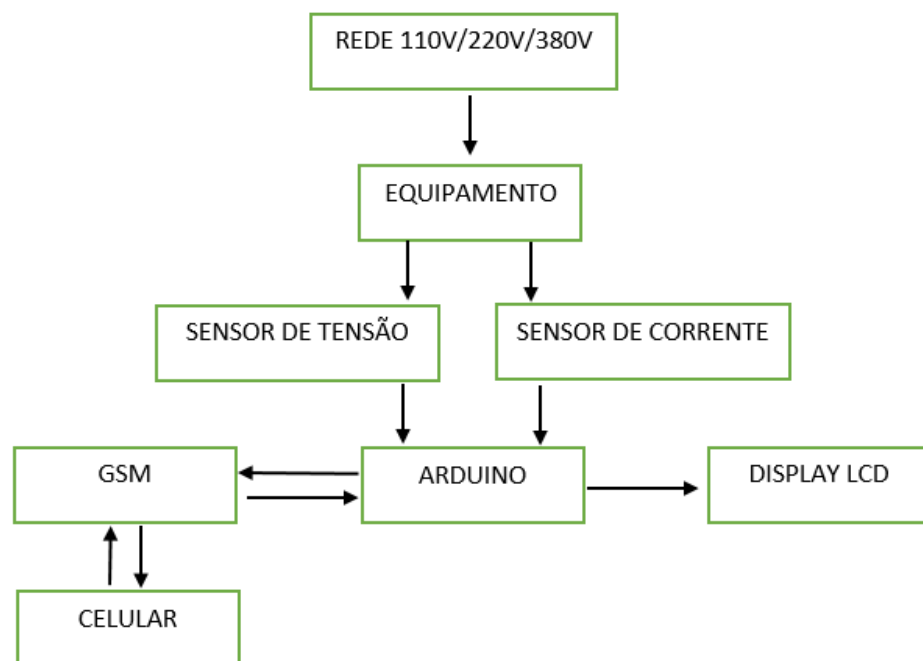


Figura 2 - Diagrama de blocos do projeto

Fonte: Autores, 2018

De acordo com o diagrama da Figura 2, inicialmente se encontra a rede de alimentação, que no projeto pode ser monofásica, bifásica ou trifásica, irá depender da configuração do equipamento que estará ligado. Os sensores de tensão e corrente devem estar conectados ao equipamento para realizar a leitura dos valores e também ao arduino que irá receber e armazenar

os dados. Após executar a programação realizada, onde é feito o cálculo dos valores de potência, consumo e da conta, os dados serão exibidos no display LCD. Caso a pessoa não esteja presente no local de acesso do display os dados podem ser solicitados remotamente, onde o módulo GSM estará conectado ao arduino para fazer a comunicação entre o aparelho celular via SMS toda vez que houver a solicitação.

3. RESULTADOS

Para realização dos testes foram utilizados equipamentos de uso residencial, onde através deles foi possível coletar os valores necessários para calcular a potência, consumo e também o valor pago em um determinado tempo. Com objetivo de realizar comparações e determinar a eficiência do medidor foram usados equipamentos como o voltímetro e o amperímetro, onde a partir da leitura feita foi calculado a diferença de valores.

Antes de realizar as medições foi feita a calibração do sensor de tensão, tendo como referência o valor medido pelo voltímetro. Logo após, foi dado início as leituras, onde foi usado cargas com tensões diferentes, onde na rede monofásica foi feito teste com um motor de máquina de costura, na rede bifásica foi usado um espremedor de frutas e na rede trifásica foi feito com um motor de indução.

Com os valores obtidos foi calculado a média da tensão, corrente e potência, assim foi possível obter a margem de diferença entre essas grandezas. As Tabelas 2, 3 e 4 apresentam as leituras realizadas em três equipamentos diferentes, como também em redes elétricas diferentes.

A Figura 3 mostra a realização do teste com o espremedor de frutas conforme especificações da Tabela 2 e como mostra os dados do Gráfico 1.



Figura 3: Medição realizada no espremedor de frutas

Fonte: Autores, 2018

Gráfico 1: Dados coletados em rede monofásica

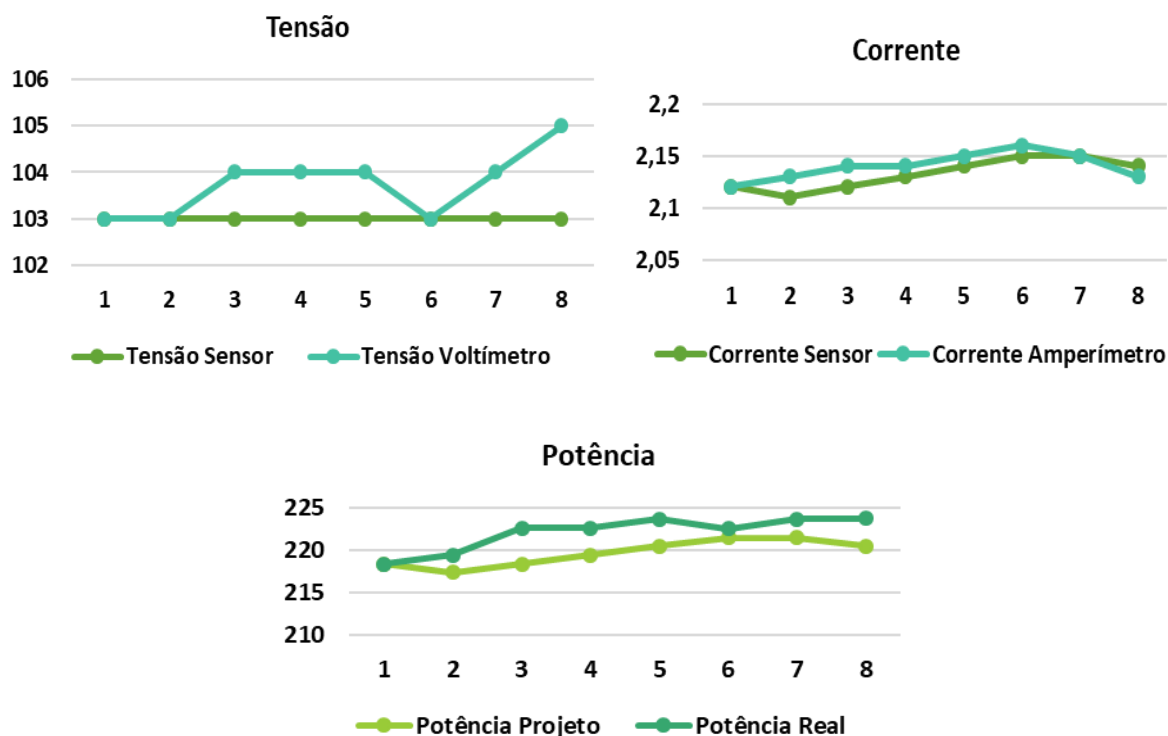


Tabela 2 – Dados coletados em rede monofásica

MOTOR DE MÁQUINA DE COSTURA MARCA: WEG REDE:127~220V
P: 1/4 *CV = 185 W; TENSÃO DE TESTE: 110V

Tensão (V)		Corrente (A)		Potência (W)	
Sensor de Tensão	Voltímetro	Sensor de Corrente	Amperímetro	Projeto	Real
103	103	2,12	2,12	218,36	218,36
103	103	2,11	2,13	217,33	219,39
103	104	2,12	2,14	218,36	222,56
103	104	2,13	2,14	219,39	222,56
103	104	2,14	2,15	220,42	223,6
103	103	2,15	2,16	221,45	222,48
103	104	2,15	2,15	221,45	223,6
103	105	2,14	2,13	220,42	223,65
Média:					
103	103,75	2,13	2,14	219,64	222,02
Erro:					
-0,72%		-0,35%		-1,07%	

***CV: Cavalo Vapor (potência: 1CV: 736 W)**

Nesse primeiro teste que foi realizado na rede monofásica com o um motor de uma máquina de costura, onde é possível observar que as leituras tiveram valores bem próximos,

porém o projeto obteve uma variação de potência em média de 2,38W inferior aos valores reais medidos pelo voltímetro e amperímetro. Também é possível observar que a potência determinada por fábrica de 185 W se encontra inferior a potência medida que foi em média de 222 W, ou seja, esse equipamento tem um consumo de 37 W de potência maior do que o determinado por fábrica. Esse aumento de potência pode ocorrer por conta do desgaste causado pelo uso.

A Figura 4 mostra a realização do teste com o espremedor de frutas conforme especificações da Tabela 3 e como mostra os dados no Gráfico 2.



Figura 4: Medição realizada no espremedor de frutas

Fonte: Autores, 2018

Gráfico 2: Dados coletados na rede bifásica

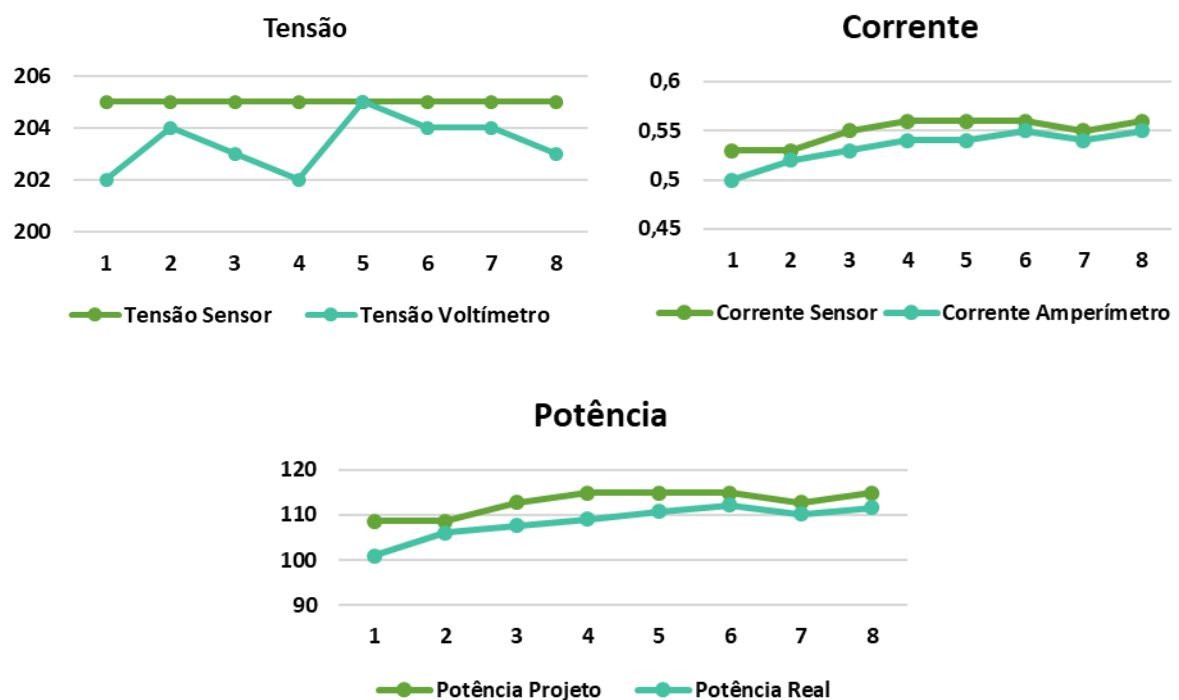


Tabela 3 – Dados coletados em rede bifásica

ESPRESSADOR DE FRUTAS MARCA: BRITÂNIA REDE:127~220V; P: 200W ~175 W; TENSÃO DE TESTE: 220V					
Tensão (V)		Corrente (A)		Potência (W)	
Sensor	Voltímetro	Sensor	Amperímetro	Projeto	Real
205	202	0,53	0,50	108,65	101
205	204	0,53	0,52	108,65	106,08
205	203	0,55	0,53	112,75	107,59
205	202	0,56	0,54	114,8	109,08
205	205	0,56	0,54	114,8	110,7
205	204	0,56	0,55	114,8	112,2
205	204	0,55	0,54	112,75	110,16
205	203	0,56	0,55	114,8	111,65
Média:					
205	203,37	0,55	0,53	112,75	108,55
Erro:					
	0,79%		3,04%		3,86%

O segundo teste foi realizado na rede bifásica com um espressor de frutas com o equipamento em vazio. Nesse teste os valores também ficaram próximos, porém houve uma porcentagem com diferença de potência em média de 3,86%. É possível observar que esse equipamento tem uma potência de 65 W menor ao que foi informado pelo fabricante. Sendo que foi também realizado outro teste, no qual o equipamento estava sendo usado com carga, e foi possível observar que a potência medida ficou em torno de 163,2 W a 224,4 W, ou seja, a potência desse equipamento está relacionada ao uso em plena carga.

A Figura 5 mostra a realização do teste com o motor de indução trifásico conforme especificações da Tabela 4.

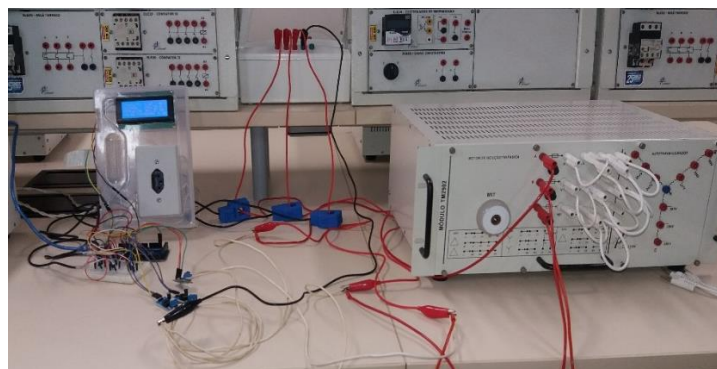


Figura 5: Medições realizada no motor de indução trifásico

Fonte: Laboratório de Instalações Elétricas Industriais, IFS, Campus Lagarto, 2018

Tabela 4 – Dados coletados na rede trifásica

MOTOR DE INDUÇÃO TRIFÁSICA MÓDULO TM2902 MARCA: DATAPOOL REDE: 220/380/440 V P: ½ CV* = 367,75 W R: 1680 RPM TENSÃO DE TESTE: 220V LIGAÇÃO EM DELTA	
TENSÃO 1 = 127 V	CORRENTE 1 = 1,47 A
TENSÃO 2 = 128 V	CORRENTE 2 = 1,46 A
TENSÃO 3 = 126 V	CORRENTE 2 = 1,48 A
TENSÃO TOTAL = $\frac{381 V}{\sqrt{3}} = 219,9 V$	CORRENTE TOTAL = $\frac{4,41 A}{3} = 1,47 A$
POTÊNCIA DO PROJETO (W) = 363,92 W	
*CV: Cavalo Vapor (potência: 1CV: 736 W)	

O terceiro teste realizado, como mostra na Figura 5, foi na rede trifásica com um motor de indução trifásico. Nesse teste foi coletado os dados da tensão e corrente em cada fase da rede, com isso foi calculado a média como mostra na Tabela 4. Para a obtenção dos dados com os valores detectados pelos sensores foi aplicado na equação (2) de potência. A potência determinada pelo fabricante é de 367,75 W e a potência medida foi de 363,92 W com uma pequena margem de variação entre 362 W até 366 W. Após a realização do teste foi possível perceber que o motor está com um funcionamento satisfatório, dentro das especificações fornecidas pelo fabricante.

Foram realizados também testes com a monitoração remota, onde os resultados estavam de acordo com o esperado e obteve um tempo de resposta satisfatório dentro de um minuto. Todas as vezes que houve a solicitação do usuário, os dados recebidos foram comparados com os apresentados no display LCD, nos quais foram possíveis perceber que não havia nenhuma alteração, pois, os dados foram idênticos.

Com todos os resultados coletados foi possível observar que os equipamentos não possuem um consumo fixo, eles variam com relação ao uso e ao tempo, principalmente aqueles que estão relacionados a temperatura que quando ligados tem um pico de consumo maior até que a temperatura seja estabilizada. Por esse motivo se torna importante realizar o monitoramento, onde a pessoa poderá acompanhar a eficiência de seus aparelhos como também saber o valor referente ao uso em um determinado período de tempo.

4. CONCLUSÃO

O protótipo desenvolvido atingiu os objetivos desejados, que visam realizar a monitoração real tanto em domicílio como a distância, onde o usuário poderá acompanhar o consumo e o valor pago por seus equipamentos e toma decisões em relação a eficiência como também minimizar o desperdício. Todos os testes realizados tiveram uma pequena margem de erro entre 0% a 5%.

Todos os componentes eletrônicos utilizados tiveram um bom rendimento, tanto os sensores como o módulo GSM responsável pela comunicação de dados. Para trabalhos futuros, pretende-se realizar teste com outros sensores para diminuir a margem de erro e aumentar a exatidão das medidas. Como também a monitoração em vários equipamentos de forma simultânea, como por exemplo em um setor, o consumo geral de uma residência para que dessa forma pudesse compara valores e mostrar o quanto poderia ser economizado com o consumo ecologicamente correto, ou seja, sem desperdício.

Com base nos custos calculados na Tabela 1, o medidor ficou em torno 360 reais. No mercado brasileiro, um medidor de energia custa em média 100 a 200 reais, mas não tem a função de consumo em reais nem a transmissão de forma remota que vem a ser um diferencial no projeto, que para as empresas de distribuição poderá se tornar um custo benefício, por não necessitar enviar um operador até a residência afim de verificar o consumo.

5. REFERÊNCIAS

- [1] PAIXÃO, J. L. Análise do consumo de energia elétrica por aparelho em standby e por reatores e lâmpadas danificadas. Dissertação de mestrado em engenharia elétrica. Disponível em <https://semanaacademica.org.br/system/files/artigos/artigo_4_consumo_standby.pdf>. Acesso no dia 31 de jan. 2018.
- [2] HAFNER, A. LIMA, C. R. E. LOPES, H. S. Implementação de um medidor de qualidade de energia usando computação configurável por hardware. Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná, 2005.
- [3] ANEEL. Agência nacional de energia elétrica. Disponível em <http://www.aneel.gov.br/programa-eficiencia-energetica/-/asset_publisher/94kK2bHDLPmo/content/gestao-do-programa/656831?inheritRedirect=false&redirect=http%3A%2F%2Fwww.aneel.gov.br%2Fprograma-eficiencia-energetica%3Fp_p_id%3D101_INSTANCE_94kK2bHDLPmo%26p_p_lifecycle%3D0%26p_p_state%3Dnormal%26p_p_mode%3Dview%26p_p_col_id%3Dcolumn-2%26p_p_col_pos%3D1%26p_p_col_count%3D2>. Acesso no dia 02 de fev. 2018.
- [4] DESIOMBRA, J. Implantação de ferramenta OEE (eficiência Global do equipamento) na linha de pintura em uma indústria metalúrgica. (UTFP), 2014.
- [5] COSTA, A.P. SERMANN, F. C. SILVA, G. G. Desenvolvimento de um protótipo para medição de energia elétrica. (UTFPR) 2016. Disponível em <http://nupet.daelt.ct.utfpr.edu.br/tcc/engenharia/docequipe/2015_1_06/2015_1_06_final.pdf>. Acesso no dia 31 de jan. 2018.