

COMPARAÇÃO METROLÓGICA ENTRE MEDIDORES DE ENERGIA ELÉTRICA DE TECNOLOGIA ELETROMECÂNICA E TECNOLOGIA ELETRÔNICA: UTILIZADOS EM TENSÃO SECUNDÁRIA DE DISTRIBUIÇÃO

Luiz Emílio Miecznikowski (Organização Paranaense de Ensino Técnico - OPET) luizkwk@yahoo.com.br
Joel de Jesus Macedo (UNINTER) joelmacedo@ufpr.br

Resumo:

Há décadas presentes nos lares brasileiros, os medidores de energia elétrica com tecnologia eletromecânica, vem, paulatinamente, sendo substituídos por modernos medidores de tecnologia eletrônica; dentre as várias comparações possíveis entre os modelos, este estudo visa comparar aspectos metrológicos das duas tecnologias, esclarecer se os medidores eletrônicos, aplicados na tensão secundária de distribuição, são confiáveis no que tange a sua classe de exatidão e estabilidade, propiciando medição de energia com qualidade, assim como acrescentar conhecimento sobre o assunto, para fabricantes, concessionárias de energia e sociedade em geral. A comparação metrológica foi realizada por meio de ensaios elétricos que simularam cargas semelhantes às que medidores estão sujeitos. Para atender o objetivo deste estudo foram escolhidas diferentes configurações, dentre as quais destacamos quatro diferentes cargas aplicadas: a) tensão e corrente nominais, com fator de potência unitário; b) tensão e corrente nominais, com fator de potência indutivo e valendo 0,5. c) tensão nominal e corrente igual a 1,5 A. b) tensão nominal e corrente igual a 0,5 A. A partir dos resultados obtidos, procedeu-se a análise aos medidores utilizados por consumidores residenciais, uma vez que esse grupo representa a maior parcela de clientes das concessionárias de energia, com especial atenção para o grupo atendido por medidores monofásicos. Com base na análise dos resultados conclui-se que quanto à classe de exatidão e quanto à estabilidade, os medidores eletrônicos são tão ou mais confiáveis que os eletromecânicos.

Palavras chave: Medidor Wh, Metrologia, Qualidade.

METROLOGICAL COMPARISON BETWEEN INDUCTION AND ELECTRONIC WATT-HOUR METERS APPLIED AT SECONDARY VOLTAGE DISTRIBUTION

Abstract

Present for decades in Brazilian homes, the electricity meters in electromechanical technology, is gradually being replaced by modern electronic technology meters, among the many possible comparisons between models, this study aims to compare the two technologies metrological aspects, clarify whether electronic meters, voltage applied to the secondary distribution are reliable with respect to its class of accuracy and stability, providing energy measurement quality, as well as add to the knowledge on the subject to manufacturers, utilities and society in general. The comparison was carried out by metrological tests that simulated electrical loads similar to those that are subject meters. To meet the objective of this study were chosen different settings, among which we highlight four different loads primed: a) nominal voltage and current with unity power factor b) nominal voltage and current, power factor inductive and worth 0.5 c) rated voltage and current equal to 1.5 A. b) rated voltage and current of 0.5 A. From the results obtained, the analysis proceeded to the meters used by residential consumers, as this group represents the largest share of energy utilities' customers, with special attention to the group treated by single-phase meters. Based on the analysis of the results concludes that the class of accuracy, electronic meters are as or more reliable than electromechanical..

Key-words: Watt-hour meter, Metrological, Quality

1. Introdução

Uma das atividades mais críticas para qualquer concessionária de energia elétrica é a medição da energia fornecida aos seus clientes, para fins de faturamento e, dentre a totalidade de clientes, o maior grupo é, certamente, aquele composto por consumidores atendidos pela rede secundária de distribuição de energia. Segundo a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), no mês de Abril de 2011 havia, no Brasil, 58.220.152 unidades consumidoras residenciais, de um total de 68.364.267, ou seja, aproximadamente 85 % da medição de energia no país é dedicada a consumidores residenciais, conforme pode ser visto na tabela 1.

Classe de consumo	Consumo de energia elétrica MWh	Número unidades consumidoras
Residencial	9.276.139	58.220.152
Industrial	6.446.334	557.120
Comercial, Serviços e Outras	6.054.848	4.949.915
Rural	1.187.572	3.807.011
Poder Público	1.149.930	512.484
Iluminação Pública	1.024.615	81.162
Serviço Público	960.780	71.684
Consumo Próprio	44.237	8.216
Rural Agricultor	35.333	104.112
Rural Irrigante	164.612	52.411
Total Geral	26.344.400	68.364.267

Fonte: ANEEL. Disponível em www.aneel.gov.br. Acesso em 01 de Agosto de 2011

Tabela 1-Número de consumidores por classe de consumo no Brasil

Portanto, problemas que venham a ocorrer com a medição de energia neste grupo tendem a desgastar fortemente a imagem da concessionária, além de impor prejuízos financeiros na forma de multas aplicadas pelo agente fiscalizador ou de indenizações, impostas pelo poder judiciário.

Partindo dessas premissas, este estudo comparativo objetiva avaliar, por meio de ensaios elétricos pertinentes, a qualidade, no que diz respeito a algumas características metrológicas dos medidores de tecnologia eletrônica, tendo como referência as mesmas características, dos tradicionais medidores de tecnologia eletromecânica e que são usados para atender o referido grupo de consumidores.

Para viabilizar a avaliação pretendida, serão investigados especificamente os comportamentos dos medidores, observando-se sua estabilidade e também sua classe de exatidão, quando submetidos a diferentes tipos de cargas. Considerando ainda que a grande maioria dos medidores utilizados na rede secundária de distribuição é do tipo monofásico, para esses equipamentos serão elaborados gráficos, permitindo uma análise mais detalhada.

A avaliação a que este trabalho se destina é útil uma vez que, no Brasil, em breve, todos os medidores eletromecânicos serão substituídos por eletrônicos; o medidor eletrônico, antes comum em instalações industriais e comerciais, chegará ao lar de cada brasileiro. Torna-se importante, portanto, conhecer se este equipamento, utilizado numa importante transação comercial, que é a compra de energia elétrica, é tão confiável quanto seu antecessor.

O escopo deste estudo abrange medidores nacionais, já utilizados no faturamento do consumo de energia elétrica em instalações enquadradas no grupo B de faturamento, como definido pela ANEEL, com tensão nominal de 120 Volts ou 240 Volts.

Para a comparação foram escolhidas e ensaiadas várias unidades, de fabricantes e modelos distintos. Os ensaios foram desenvolvidos no Laboratório de Calibração de uma concessionária de energia elétrica, acreditado para calibrar a grandeza energia elétrica, pelo

instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO).

2. Referencial teórico

2.1 Metrologia e outras definições

Para melhor compreensão dos termos empregados neste estudo, são relacionadas a seguir algumas definições ligadas à Metrologia, definidas no Vocabulário Internacional de Metrologia (VIM) e à área de eletricidade.

Segundo o Vocabulário Internacional de Metrologia, a Metrologia é a ciência da medição e suas aplicações. Fernandes (2009) destaca o alcance desta ciência, que ainda não tem a merecida divulgação no Brasil:

Ainda de acordo com Fernandes, a metrologia é definida como a ciência da medição e tem como foco principal prover confiabilidade, credibilidade, universalidade e qualidade às medidas. Como as medições estão presentes, direta ou indiretamente, em praticamente todos os processos de produção industrial de tomada de decisão, a abrangência da metrologia é imensa envolvendo a indústria, o comércio, a saúde, a segurança, a defesa e o meio ambiente, entre outros.

Quanto ao erro de medição, o VIM (2009) define que é dado pela diferença entre o valor medido de uma grandeza e um valor de referência. Ainda de acordo com o VIM o padrão de trabalho pode ser entendido como o padrão que é usado rotineiramente para calibrar ou controlar instrumentos de medição ou sistemas de medição.

O vocabulário Internacional de Metrologia trata, ainda, outras definições, que serão úteis para melhor compreensão deste trabalho, como:

- a) *Classe de Exatidão*: classe de instrumentos de medição ou de sistemas de medição que atendem a requisitos metrológicos estabelecidos para manter os erros de medição ou as incertezas de medição instrumentais dentro de limites especificados, sob condições de funcionamento especificadas.
- b) *Estabilidade*: propriedade de um instrumento de medição segundo a qual este mantém as suas propriedades metrológicas constantes ao longo do tempo.
- c) *Incerteza de medição*: parâmetro não negativo que caracteriza a dispersão dos valores atribuídos a um mensurando, com base nas informações utilizadas.
- d) *Resultado de medição*: conjunto de valores atribuídos a um mensurando, completado por todas as outras informações pertinentes disponíveis.

Outras definições ligadas à área de eletricidade também auxiliarão no entendimento deste trabalho:

- a) *Tensão secundária de distribuição*: tensão inferior a 2.300 V, que é disponibilizada pela concessionária de energia. No contexto deste trabalho, são as tensões de 120 V ou 240 V.
- b) *Tensão nominal*: no contexto deste trabalho, é a tensão nominal informada, pelo fabricante, na placa do equipamento.
- c) *Corrente nominal*: no contexto deste trabalho, é a corrente nominal informada pelo fabricante, na placa do equipamento.

- d) *Fator de potência*: no contexto deste trabalho, resume-se à razão entre a potência ativa (potência útil) e a potência total solicitadas por uma carga. Seu valor máximo corresponde à unidade.

2.2 A Medição da Energia Elétrica

A descoberta da eletricidade, e suas aplicações, trouxeram conforto e desenvolvimento para a sociedade; cada vez que um equipamento elétrico é acionado, seja ele um simples ventilador ou uma potente bomba numa estação de tratamento de água, uma quantidade de energia é consumida.

Para ser remunerada pelo fornecimento da energia, a concessionária utiliza um medidor, conhecido como medidor Wh ou, popularmente, “relógio de luz”. Ao longo dos anos o medidor Wh sofreu poucas alterações em sua essência, situação essa que mudou, quando os avanços tecnológicos, queda de barreiras comerciais e diminuição de custos de produção permitiram que a eletrônica fosse usada também na medição de energia em unidades consumidoras residenciais.

Assim, a função que antes era reservada a um instrumento pesado, dotado de corpo em alumínio, tampa de vidro, composto ainda por várias engrenagens de metal e condutores metálicos agora é desempenhada também por um instrumento de corpo plástico, bem mais leve, com menos partes metálicas e vários componentes eletrônicos. As figuras 1 e 2 ilustram uma das diferenças expostas: na figura 1, um medidor eletrônico, trifásico, com massa igual a 1,5 kg; ao seu lado, na figura 2, um medidor eletromecânico também trifásico, mas com massa de 4,5 kg.



Figura 1- Medidor eletrônico
Fonte: Elonet (2011)



Figura 2- Medidor Eletromecânico
Fonte: Adperc (2011)

O medidor eletromecânico traz anos de histórico, é confiável e seus prós e contras são conhecidos, porém ele é incompatível com as novas tecnologias de medição (telemedição, por exemplo) que surgem ou com novas necessidades comerciais, como por exemplo, a possibilidade de se faturar o consumo de energia com tarifas distintas ao longo do dia; assim, sua substituição é iminente, como se percebe num dos muitos textos publicados pela ANEEL sobre o assunto:

Etapas futuras - A ANEEL estuda ainda a criação de um plano para substituição de todos os 63 milhões de medidores no longo prazo, que será o primeiro passo rumo a instalação de redes inteligentes (smart grids). Para isso, a Agência fará regulamentações paralelas que permitam a cobrança de tarifas diferenciadas por horário de consumo, o que possibilitará ao consumidor administrar seu consumo, a exemplo do que já acontece na telefonia, serviço no qual o valor da tarifa varia de acordo com o horário da ligação. No futuro, o sistema de medição inteligente possibilitará o registro da energia gerada por unidades consumidoras residenciais

por meio de painéis solares e micro turbinas eólicas, por exemplo. (www.aneel.gov.br. Clic energia. Acesso em 29 de Julho de 2011)

A percepção de que os medidores eletromecânicos deixarão de ser usados também é registrada por WENDT (2011), quando menciona que “a demanda de medidores no mercado interno brasileiro é da ordem de 3,2 milhões de equipamentos por ano. A compra de medidores eletrônicos, por parte das distribuidoras brasileiras, vem aumentando nos últimos anos. Essa mudança é decorrente do aprimoramento da tecnologia e, também, da desativação das linhas de produção de medidores eletromecânicos pelos principais fabricantes de medidores de energia elétrica, fazendo com que as distribuidoras de energia sejam, praticamente obrigadas, a realizar a aquisição de medidores eletrônicos”.

O medidor eletrônico, por sua vez, é uma realidade e agora, Governo (representado pela ANEEL), concessionárias de energia, fabricantes e sociedade em geral trabalham juntos para acelerar a viabilidade técnica e econômica do novo equipamento, na medição de energia elétrica em tensão secundária de distribuição.

3. Metodologia

3.1 Desenvolvimento dos ensaios

Para o desenvolvimento deste estudo foram escolhidas diferentes configurações, destas destacamos quatro diferentes cargas aplicadas

- a) tensão e corrente nominais, com fator de potência unitário.
- b) tensão e corrente nominais, com fator de potência indutivo e valendo 0,5.
- c) tensão nominal e corrente igual a 1,5 A.
- d) tensão nominal e corrente igual a 0,5 A.

A escolha das três primeiras configurações foi feita levando-se em conta o Regulamento Técnico Metroológico, publicado pela Portaria Inmetro nº 285, de 11/08/2008, que define regras para ensaios em medidores eletromecânicos. A escolha da configuração “d” foi feita para simular uma situação em que a instalação está com pouca demanda de energia, o que é mais comum, no grupo residencial, do que muitos podem imaginar. FRANCISQUINI (2006) demonstra, no apêndice C, de seu trabalho que, na maioria do tempo os consumidores residenciais demandam pouca potência, chegando em determinados momentos a 40 W, o que, num sistema monofásico de 120 V, representa uma corrente de 0,3 A, aproximadamente.

No universo das instalações elétricas existem inúmeras situações distintas de composição de cargas, devido também aos inúmeros tipos de equipamentos conectados, como por exemplo: refrigeradores, motores, lâmpadas eletrônicas, computadores etc., logo as configurações escolhidas podem não corresponder totalmente à realidade, mas, além de seguir práticas usuais de ensaios, elas servem para o atingimento do objetivo deste trabalho, que é a comparação das tecnologias eletrônica e eletromecânica aplicadas na fabricação de medidores de energia.

Para a aplicação da carga, foi utilizada uma fonte trifásica de energia e, para medição do erro de medição das amostras, foi utilizado um padrão de trabalho de energia, trifásico, conforme figura 3 a seguir. Na extremidade esquerda da figura 3 está a fonte trifásica de energia e, sobre ela, o padrão de energia. Sobre a mesa, ao lado do computador, o sistema de aquisição de dados e uma das amostras ensaiadas.



Figura 3- Sistema de ensaios

3.2 Amostras Escolhidas

Na tabela 2 estão relacionadas as amostras escolhidas para o estudo. Tratam-se dos equipamentos disponíveis na época dos ensaios e vários deles já bastante utilizados; mesmo a amostra fabricada em 2011 já contava com certo tempo de uso.

Amostra	Tecnologia	Numero de fases	Ano de fabricação
E1	ELN	1	2009
E2	ELN	1	2010
E3	ELN	1	2011
E4	ELN	1	2009
E5	ELN	2	2010
E6	ELN	2	2011
E7	ELN	2	2011
E8	ELN	3	2010
E9	ELN	3	2008
E10	ELN	3	2011
M1	MEC	1	1981
M2	MEC	1	1992
M3	MEC	1	1998
M4	MEC	2	1966
M5	MEC	3	2002

Fonte: os autores (2011)

Tabela 2- Amostras Seleccionadas

3.3 Metodologia do Ensaio

Para atender o proposto neste estudo foi montado um circuito elétrico composto por uma fonte trifásica de energia, um padrão de trabalho (classe de exatidão de 0,01 %) e pela amostra ensaiada. A fonte de energia forneceu, durante um período, energia ativa na configuração escolhida. O padrão de energia efetuou 50 leituras do erro de medição em cada condição e foi tomado como resultado da medição, a média aritmética destes valores. Em seguida, os valores lidos foram plotados em gráficos, facilitando a comparação desejada. Para a finalidade a que se destina este trabalho, não foi levada em conta a incerteza de medição.

4. Análise dos resultados

4.1 Desempenho das amostras no quesito “classe de exatidão”

Os medidores eletromecânicos ensaiados são de classe 2 %, significando que o máximo erro encontrado, quando ensaiado nas condições previstas no respectivo RTM, deve estar dentro da faixa compreendida entre mais ou menos 2 %. Os medidores eletrônicos são de classe B, significando que o máximo erro deve estar dentro da faixa compreendida entre mais ou menos 1 %.

Na tabela 3 foi registrado os dados referente avaliação sobre a extrapolação ou não da classe de exatidão de cada medidor, sinalizada como “FORA” ou “DENTRO”, respectivamente, para cada configuração de carga. A indicação “DENTRO” significa que nenhuma das 50 medições efetuadas extrapolou a classe de exatidão, enquanto que a indicação “FORA” significa que, ao menos uma das medições, extrapolou a classe de exatidão.

Amostra	Tipo	Fases	Configurações de cargas			
			0,5 A	1,5 A	15 A	15 A FP 0,5i
E1	ELN	1	DENTRO	DENTRO	DENTRO	DENTRO
E2	ELN	1	DENTRO	DENTRO	DENTRO	DENTRO
E3	ELN	1	DENTRO	DENTRO	DENTRO	DENTRO
E4	ELN	1	DENTRO	DENTRO	DENTRO	DENTRO
E5	ELN	2	FORA	FORA	DENTRO	DENTRO
E6	ELN	2	DENTRO	DENTRO	DENTRO	DENTRO
E7	ELN	2	DENTRO	DENTRO	DENTRO	DENTRO
E8	ELN	3	DENTRO	DENTRO	DENTRO	DENTRO
E9	ELN	3	FORA	DENTRO	DENTRO	DENTRO
E10	ELN	3	DENTRO	DENTRO	DENTRO	DENTRO
M1	MEC	1	FORA	DENTRO	DENTRO	DENTRO
M2	MEC	1	DENTRO	DENTRO	DENTRO	DENTRO
M3	MEC	1	FORA	DENTRO	DENTRO	DENTRO
M4	MEC	2	FORA	DENTRO	DENTRO	DENTRO
M5	MEC	3	FORA	DENTRO	DENTRO	DENTRO

Fonte: os autores (2011)

Tabela 3 - Avaliação da classe de exatidão para cada configuração de carga

4.2 Gráficos dos resultados para os medidores monofásicos

As figuras a seguir representam os valores medidos, plotados em gráficos; os medidores eletrônicos estão representados pela cor vermelha, enquanto que os eletromecânicos, pela cor azul.

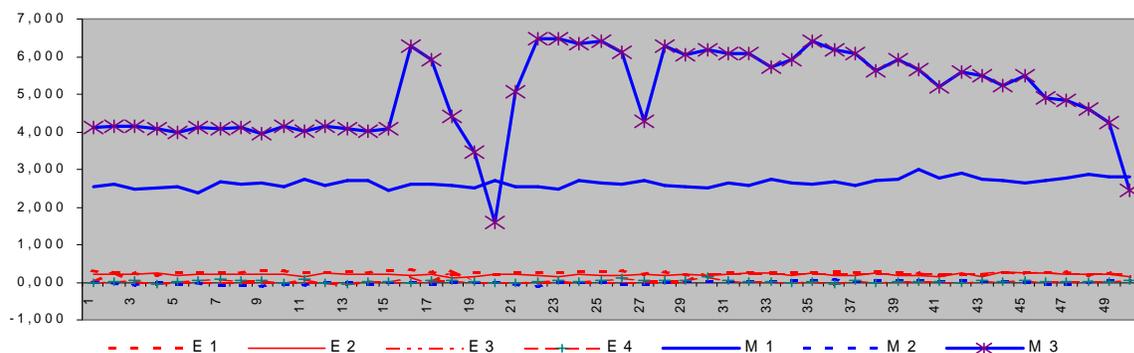


Figura 4 – Gráfico dos medidores monofásicos para uma corrente de 0,5 A

Fonte: os autores (2011)

No gráfico da figura 4 fica claro a deficiência de algumas amostras em permanecerem dentro da classe de exatidão; as amostras M1 e M3 estão fora da classe e seriam reprovadas para uso se a corrente de 0,5 A fosse normalizada pelo RTM. A amostra M3, além de estar fora da classe, demonstrou grande instabilidade na faixa de corrente medida, como se pode notar entre as medições número 15 e 29.

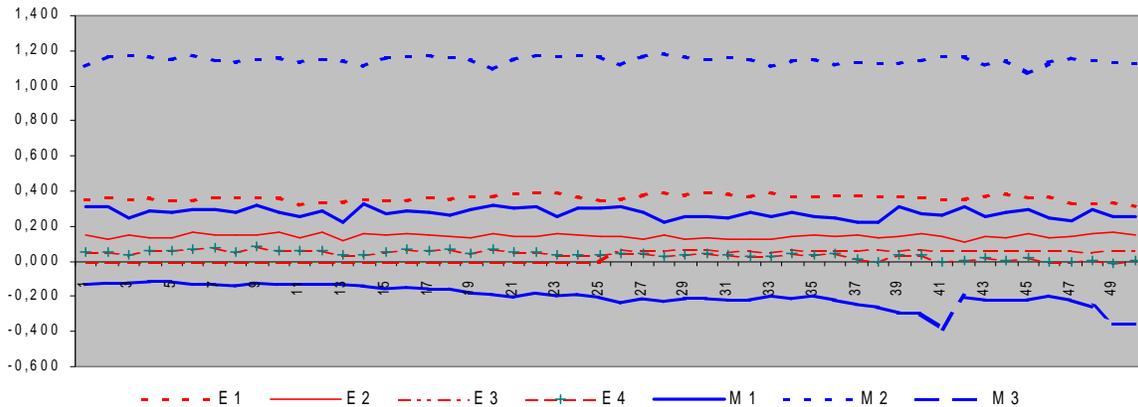


Figura 5 – Gráfico dos medidores monofásicos para uma corrente de 1,5 A

Fonte: os autores (2011)

No gráfico da figura 5 observa-se que todas as amostras comportaram-se adequadamente, no que diz respeito a sua classe de exatidão, definida no RTM de medidores eletrônicos e no RTM de medidores eletromecânicos. Nota-se também, ao contrário da corrente de 0,5 A, que houve evidente melhora no quesito “estabilidade” da amostra M3.

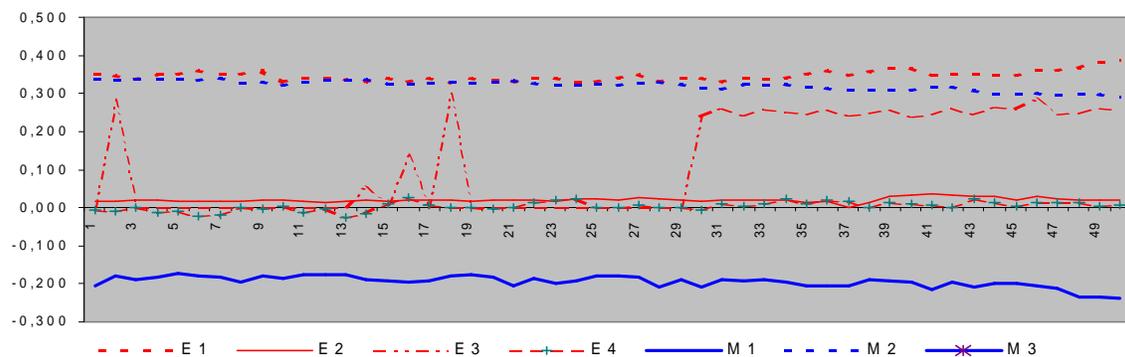


Figura 6 – Gráfico dos medidores monofásicos para uma corrente de 15 A, fator de potência unitário.

Fonte: os autores (2011)

Os resultados demonstrados pela figura 6 mostram todos os medidores dentro de suas respectivas classes de exatidão, com destaque negativo para a amostra de medidor eletrônico E3, no que diz respeito à estabilidade.

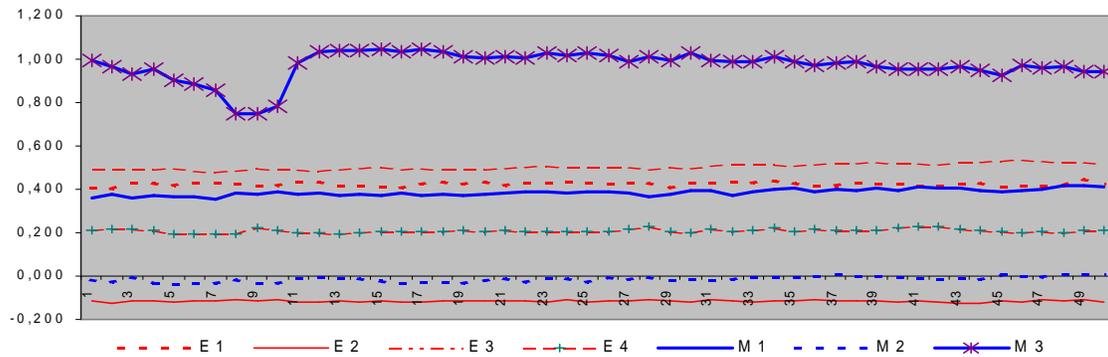


Figura 7 – Gráfico dos medidores monofásicos, para uma corrente de 15 A, fator de potência 0,5 indutivo

Fonte: os autores (2011)

Na figura 7 observa-se, novamente, todos os medidores dentro de suas respectivas classes de exatidão; a amostra M3 demonstrou uma pequena instabilidade nas primeiras medições.

As figuras 5 a 7 mostram que, para as situações previstas no Regulamento Técnico Metrológico, os medidores eletromecânicos comportaram-se adequadamente, o mesmo ocorrendo com os medidores eletrônicos. Porém, ao se configurar uma situação de baixa corrente, conforme visto na figura 4, apenas os eletrônicos e uma amostra de eletromecânico mantiveram-se dentro de sua classe de exatidão. Wendt (2011) já havia verificado essa situação em seu trabalho, como se pode ver nas figuras 8 e 9 abaixo:

As amostras 1 a 10 referem-se a medidores eletromecânicos. Observa-se que apenas quando a corrente atinge aproximadamente 1,5 A é que todas as amostras se enquadram na classe de exatidão, que é de 2 %.

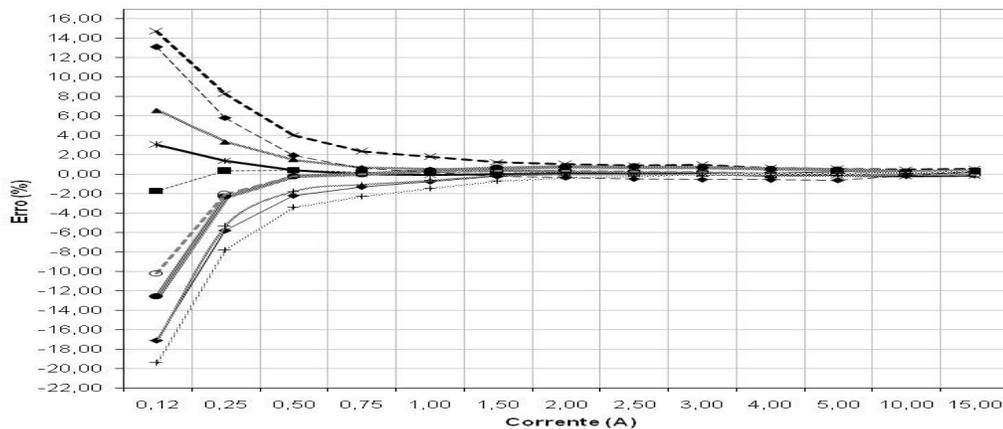


Figura 8 – Gráfico de erro versus corrente, para as amostras de medidores eletromecânicos

Fonte: WENDT (2009)

As amostras 11 a 20 referem-se a medidores eletrônicos. Neste caso, uma das amostras saiu da classe de exatidão, que é de 1 %, apenas para correntes menores que 0,12 A. Isso mostra o melhor desempenho desta tecnologia, para baixas correntes.

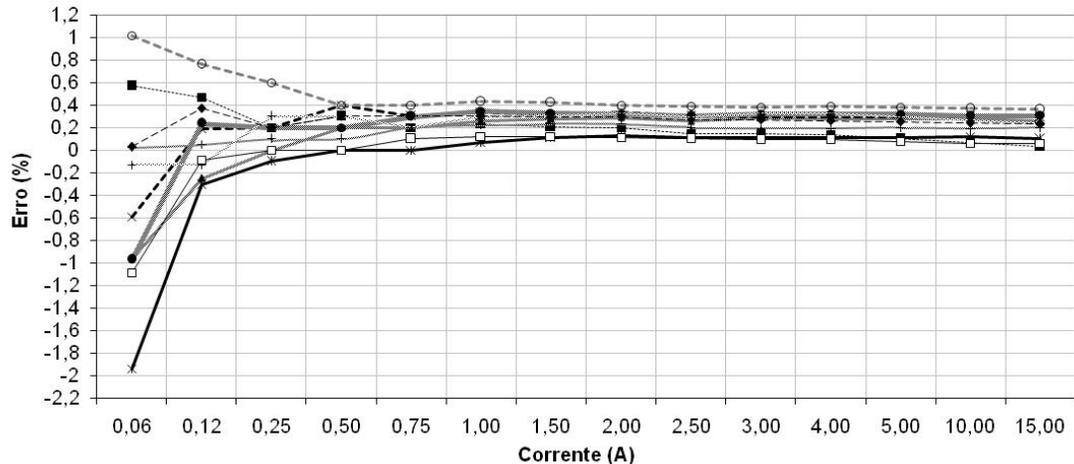


Figura 9 – Gráfico de erro versus corrente, para as amostras de medidores eletrônicos

Fonte: WENDT (2009)

4.2.1 Avaliação da Estabilidade

Para efetuar a comparação da estabilidade entre as tecnologias avaliadas, foi utilizado o desvio padrão experimental, uma vez que esta variável da estatística nos fornece uma boa estimativa da qualidade das medições.

Segundo Fidélis (2010, p.33) Quando medições repetidas fornecem resultados diferentes, nós queremos saber quão dispersas estão estas medições. Com o conhecimento da amplitude da dispersão, nós podemos iniciar o julgamento da qualidade das medições ou do conjunto das medições. Ainda de acordo com o mesmo autor, o modo usual de quantificar a dispersão é através do cálculo do desvio padrão experimental (s). O desvio padrão de um conjunto de números mostra-nos o quanto as medições individuais são diferentes e quanto se afastam da média do conjunto. Na tabela 4 estão relacionados os valores de cada desvio padrão, calculado para cada configuração de carga e para cada medidor. Medidores com tecnologia eletrônica estão identificados como tipo “ELN”, ao passo que os de tecnologia eletromecânica como tipo “MEC”.

Novamente, evidenciando que a situação de corrente baixa é mais crítica para os equipamentos de medição de energia elétrica, observa-se que para a corrente de 0,5 A todas as amostras tiveram uma dispersão maior de valores. Geralmente, a dispersão diminui na medida em que a corrente que passa pelo medidor se aproxima daquela identificada como “nominal” pelo fabricante.

Tecnologia	Fases	Amostra	Desvio Padrão Calculado			
			0,5 A	1,5 A	15 A	15 A FP 0,5i
ELN	1	E1	0,04	0,019	0,013	0,009
ELN	1	E2	0,033	0,013	0,006	0,004
ELN	1	E3	0,036	0,025	0,012	0,009
ELN	1	E4	0,056	0,018	0,007	0,015
ELN	2	E5	0,012	0,011	0,006	0,006
ELN	2	E6	0,066	0,025	0,07	0,012
ELN	2	E7	0,099	0,038	0,009	0,015
ELN	3	E8	0,013	0,012	0,019	0,012
ELN	3	E9	0,045	0,008	0,018	0,017
ELN	3	E10	0,149	0,017	0,029	0,017
MEC	1	M1	0,118	0,029	0,014	0,015
MEC	1	M2	0,04	0,024	0,013	0,013
MEC	1	M3	0,056	0,018	0,007	0,015
MEC	2	M4	0,12	0,032	0,0032	0,023
MEC	3	M5	0,04	0,023	0,015	0,045

Fonte: os autores (2011)

Tabela 4- desvio padrão calculado para cada configuração de carga e medidor

5. Considerações Finais

Com base na análise dos resultados obtidos conclui-se que quanto a classe de exatidão, os medidores eletrônicos são tão ou mais confiáveis que os eletromecânicos, apesar de duas amostras terem falhado neste quesito. Se olharmos apenas para o que exige o RTM dos medidores eletrônicos, apenas uma amostra possivelmente estaria reprovada.

Quanto à estabilidade, a situação de corrente baixa foi mais crítica para todas as amostras, porém, ainda assim, os eletrônicos mantiveram-se dentro de sua classe de exatidão, ao passo que os eletromecânicos não. Vale lembrar que o RTM que define as condições de aprovação de um medidor eletromecânico não prevê a corrente de 0,5 A para ensaio; as correntes a serem aplicadas variam entre 10 % e 100 % da corrente nominal. Logo, as amostras reprovadas em 0,5 A estão aptas para uso, pelo critério do referido regulamento.

Obviamente como esses foram resultados obtidos num ambiente controlado, de um laboratório de calibração acreditado pelo INMETRO, restam várias questões, a respeito do medidor eletrônico, dentre elas: a) Instalado num ambiente com bruscas variações de temperatura, o resultado seria o mesmo? b) Após 5, 10 ou 15 anos de uso, ele manterá seu desempenho? Há que se enfatizar também, que o presente estudo comparou apenas algumas características metrológicas, porém fundamentais para que nem o consumidor nem a concessionária sejam prejudicados no faturamento do consumo de energia elétrica.

Na medida em que aumentar o tempo de uso dos medidores eletrônicos utilizados em baixa tensão, recomenda-se que mais estudos comparativos sejam realizados, visando responder às questões anteriores ou outras não mencionadas, podendo abranger, por exemplo, a logística reversa dos medidores, a incorporação de outras funções e sua vulnerabilidade a tentativas de furto de energia.

Referências

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). *Condições gerais de fornecimento de energia elétrica.* Resolução normativa nº 414, de 09 de Setembro de 2010.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). *Sistema de apoio à decisão.* Tabela de quantidade de unidades consumidoras por classe de consumo. Disponível em www.aneel.gov.br. Acesso em 01 de Agosto de 2011.

FIDÉLIS, G. C. *Guia prático – incerteza de medição para iniciantes.* Florianópolis: 2010, 1ª edição.

FERNANDES, W. D. NETO, P. L. O. C., SILVA, J. R. *Metrologia e qualidade – sua importância como fatores de competitividade nos processos produtivos.* XXIX Encontro nacional de engenharia de produção. Salvador. 2009.

FRANCISQUINI, A. A. *Estimação de curvas de carga em pontos de consumo e em transformadores de distribuição.* 2006. Dissertação de mestrado. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. Ilha Solteira.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO). *Portaria Inmetro nº 285, de 11 de Agosto de 2008.* Regulamento técnico metrológico. Medidores de indução. Anexo C.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO). *Portaria Inmetro nº 319, de 23 de Outubro de 2009.* Vocabulário Internacional de Metrologia – Conceitos fundamentais e gerais e termos associados.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO). *Portaria Inmetro nº 431, de 04 de Dezembro de 2007.* Regulamento técnico metrológico. Medidores eletrônicos. Anexo C.

WENDT, D. M.; SPISILA, M. *A influência da sensibilidade em baixas correntes de medidores eletromecânicos e eletrônicos no consumo de energia elétrica residencial.* 2011. Trabalho de conclusão de curso (Engenharia Eletrotécnica). Universidade Tuiuti do Paraná, Curitiba.