



## AFERIDOR INTELIGENTE DE PRECISÃO PARA MULTIMEDIDORES ELETRÔNICOS DE ENERGIA ELÉTRICA

**Róger Moura Sarmiento<sup>1</sup>, Luis Ilderlandio da Silva Oluveira<sup>2</sup>, Daniel dos Santos Saraiva<sup>3</sup>, Rogerio Lopez Vieira Cesar<sup>3</sup>, Thiago Pereira de Araujo<sup>5</sup>, Pedro Klécio Farias Cardoso<sup>6</sup>**

<sup>1</sup>Tecnólogo em Mecatrônica Industrial e Especializando em Engenharia de Software com Ênfase em Fábrica de Software - FJN. Professor no Instituto Federal de Ciência, educação e tecnologia do Ceara – Campus Iguatu. e-mail: rogerms@ifce.edu.br

<sup>2</sup>Tecnólogo em Mecatrônica Industrial e Especializando em Engenharia de Sistemas – ESAB. Professor no Instituto Centro de Ensino Tecnológico – CENTE. e-mail: ilderlucas@hotmail.com

<sup>3</sup>Tecnólogo em Telemática e Especializando em Análise, Gestão e Projeto de Sistemas – Estácio de Sá. Professor no Instituto Federal de educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – Campus Iguatu. e-mail: daniel\_saraiva@live.com

<sup>4</sup>Tecnólogo em Mecatrônica Industrial e Especializando em Engenharia de Sistemas – ESAB. Professor no Instituto Centro de Ensino Tecnológico – CENTE. e-mail: rogerionqn1@hotmail.com

<sup>5</sup>Tecnólogo em Mecatrônica Industrial e Especializando em Automação Industrial – CENTEC. Professor no Instituto Federal de Ciência, educação e tecnologia do Ceara – Campus Cedro. e-mail: t.pereira.araujo@bol.com.br

<sup>6</sup>Engenheiro Elétrico pela Universidade Federal do Ceará. Mestre em Conception Et Planification Dês Réseaux Mobiles – Institut National Des Télécommunications. Doutor em Informatique, Telecommunications et Electronique - Université de Paris VI (Pierre et Marie Curie) (2005). Professor no Instituto Federal de Ciência, Educação e Tecnologia do Ceará – Campus Fortaleza. e-mail: Pedro.klecio@terra.com.br

**Resumo:** Este trabalho aborda o desenvolvimento do sistema AFIME (Aferidor Inteligente de Precisão para Multimeditores Eletrônicos de Energia Elétrica), composto de um hardware de aferição e de um software de controle. O sistema tem por finalidade fazer a aferição precisa de vários medidores de energia simultaneamente, mensurando seus erros de calibração. Esses erros são calculados a partir da variação da taxa de erro dos medidores em relação a um equipamento Padrão de Aferição de consumo de energia elétrica de altíssima precisão. O hardware do sistema é um circuito microcontrolado com uma interface para leitura dos valores de energia consumida fornecidos pelos medidores e uma interface para leitura do Padrão de Aferição. O hardware possui ainda uma interface serial através da qual se comunica com o software de controle. O software de controle do sistema (Interface de Aferição) tem diversas finalidades, tais como enviar comando de aferição, definir o número de medidores a serem aferidos e configurar o firmware de aferição. O sistema torna assim a aferição dos medidores mais simples, fácil, segura, com menor margem de erro de leitura. Através de histórico guardado em banco de dados, o sistema pode ainda detectar possíveis irregularidades e problemas nos medidores.

**Palavras-chave:** Aferição de Medidores, Medição de Energia Elétrica, Microcontrolador, Multimeditores Eletrônicos, Sistema Embarcado

### 1. INTRODUÇÃO

O primeiro medidor destinado à quantificação do consumo de energia elétrica foi desenvolvido pelo norte-americano Samuel Gardiner, em 1872. O qual se tratava de um medidor de lâmpada-hora, que indicava o tempo que uma lâmpada permanecia acesa. Desde então os medidores vêm se desenvolvendo e hoje existem medidores eletromecânicos de energia ativa e medidores eletrônicos tanto de energia ativa como reativa.

O número de medidores instalados no Brasil já é bem considerável, de acordo com a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) o número de medidores eletromecânicos instalados no Brasil já ultrapassa a barreira dos 40 milhões de medidores e os medidores eletrônicos já chega ao número de 4,05 milhões de medidores instalados por 95% das concessionárias e estão previstos mais 802 mil. Programas tais como "LUZ PARA TODOS" do governo federal que teve início em 2004 visam levar energia elétrica a todas as residências do país. Isso aumentará mais ainda o parque de medição das concessionárias de energia elétrica.

Nas últimas décadas vem se observando um aumento significativo do uso de novos tipos de tecnologia aplicada aos equipamentos eletroeletrônicos, mesmo aos de uso já popularizado, tanto nas indústrias como em unidades de consumo domésticas e comerciais e nas mais variadas áreas, tais



como iluminação, condicionamento térmico, informação e medição de energia elétrica. Essas novas tecnologias vêm propiciando, entre outras vantagens, maior eficiência, maior confiabilidade, maior segurança, diminuição de tamanho relativo e, principalmente, diminuição de custos de uma forma geral. Por isso os medidores eletrônicos vêm gradativamente ganhado espaço e substituindo os medidores eletromecânicos. A utilização de medição digital da energia elétrica é cada vez mais evidente no Brasil. O setor alvo até pouco tempo, o industrial, esteve na ponta de utilização de medidores digitais, porém o uso em escala residencial se mostra favorável.

A aferição dos medidores eletrônicos de forma automática, segura, confiável e com rapidez se tornou uma necessidade tanto para os fabricantes como para as concessionárias de energia. Este trabalho propõe o desenvolvimento de um sistema de aferição de multimedidores eletrônicos de energia elétrica (AFIME) composto de um sistema hardware microcontrolado e de um software de controle e comunicação. O objetivo básico deste sistema é identificar a taxa de erro de consumo de energia elétrica e identificar o erro de calibração dos medidores eletrônicos de energia elétrica. O sistema tem a vantagem de ser um dispositivo de tamanho pequeno e de baixo custo, comparando-se as mesas de aferições utilizadas nas concessionárias, de ser de simples manuseio, podendo aferir com precisão até cinco medidores eletrônicos simultaneamente.

Este trabalho está organizado da seguinte forma: depois da introdução é mostrada uma fundamentação teórica que ressaltas pontos importantes em relação à medição de energia elétrica, evolução dos medidores de energia, aferição de medidores de energia e sistemas embarcados; em seguida são descritos os materiais e métodos utilizados no desenvolvimento do sistema; em seguida descreve-se o hardware, o firmware e a implementação do sistema; em seguida os resultados da implementação são mostrados; e uma conclusão finaliza o artigo.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

O Aferidor inteligente de precisão para multimedidores eletrônicos de energia elétrica (AFIME) foi desenvolvido no laboratório SISCOME (Sistema de Controle e Medição de Energia Elétrica). Foram utilizadas para o seu desenvolvimento referências bibliográficas, diversos equipamentos de medição e análise de energia elétrica, plataforma de desenvolvimento HEW (High-Performance Embedded Workshop da Renesas Technology Corporation) e computadores.

O AFIME foi desenvolvido devido à necessidade de se aferir vários medidores eletrônicos de forma automática, segura, confiável e com rapidez, visto que no laboratório SISCOME, são realizados testes de confiabilidade de medição de consumo de vários medidores eletrônicos diariamente.

A primeira fase do desenvolvimento se constituiu da especificação do sistema, com todos os requisitos para o funcionamento.

Baseado nas especificações foi necessário selecionar os componentes que constituiriam o hardware do sistema. De posse dos manuais dos componentes, foi feito o estudo das características e modo de operação de cada um deles. Iniciou-se então o processo de implementação. A placa de circuito impresso do protótipo foi fabricada no próprio laboratório utilizando-se uma prototipadora modelo S62, fabricada pela empresa LPKF. Os componentes foram soldados e o hardware testado.

O firmware foi desenvolvido em linguagem C, utilizando-se para isso o software High-Performance Embedded Workshop da Renesas Technology Corporation. Foram implementadas rotinas inteligentes para fazer a leitura dos sinais emitidos pelo led de calibração dos medidores eletrônicos e do padrão de aferição RM – 10.

Após a implementação das rotinas inteligentes foram realizados os testes com o firmware do sistema.

## **3. DESCRIÇÃO DO SISTEMA**

A descrição do sistema está composta por sessões que abordam as características do hardware, do firmware e do protocolo do sistema proposto.

### **3.1. HARDWARE**

O hardware do AFIME é representado na figura 1 abaixo. Os elementos principais são o microcontrolador, a interface de comunicação serial RS-232, a interface com o padrão de aferição e os sensores ópticos de comunicação com os medidores.

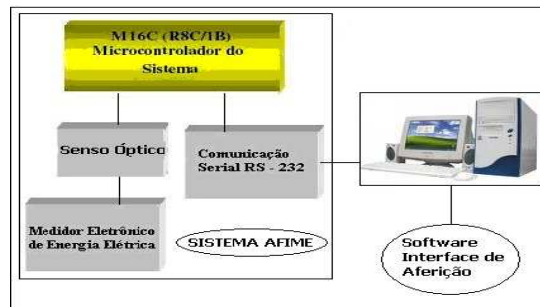


Figura 1 – Diagrama de blocos do AFIME

A interface com o padrão possui um filtro, baseado no CI 74LS14 cuja finalidade é eliminar qualquer ruído superposto ao sinal do padrão de aferição. O sensor óptico fototransistor é o componente que recebe o sinal do led de calibração do medidor e envia o sinal para o microcontrolador do sistema para ser devidamente interpretado.

O CI de comunicação serial MAX 232 tem como funções principais transmitir os valores do cálculo de aferição feito pelo microcontrolador para o software interface de aferição bem como configurar o firmware do sistema por meio do próprio software interface de aferição.

O controle do sistema é feito pelo software interface de aferição que fica em comunicação com o microcontrolador do sistema via porta serial. De acordo com as informações enviadas pelo software o microcontrolador determina o número de medidores que serão aferidos e o nível de aferição que será realizada nos medidores. A partir dessas definições o microcontrolador verifica se os medidores estão conectados e se estão enviando o sinal necessário para a aferição. A figura 2 mostra o hardware do AFIME devidamente montado e soldado.

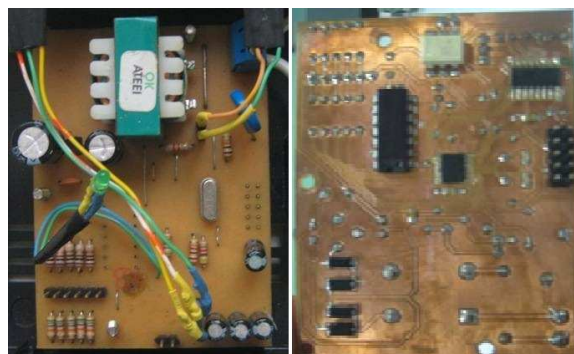


Figura 2 – Hardware do sistema AFIME

### 3.1.1. Microcontrolador

Em quase todo projeto de pesquisa e desenvolvimento de um produto na área da engenharia eletrônica ou teleinformática, a escolha de um microcontrolador que satisfaça as necessidades do projeto é de fundamental importância para o sucesso do desenvolvimento.

O microcontrolador escolhido como elemento principal do hardware do AFIME pertence ao grupo R8C/1B da família M16C da Renesas Technology Corporation. Ele utiliza a tecnologia CMOS 16-BIT sendo capaz de executar instruções em alta velocidade em seu 1MByte de espaço de endereçamento. Este microcontrolador é caracterizado por operar em baixa voltagem e apresentar baixo consumo de energia. O R8C/1B é dotado de 89 instruções básicas e suas funções periféricas são as seguintes:

- a) 13 portas I/O;



- b) Temporizadores (Timer X, Timer Z, Timer C);
- c) Interfaces seriais (UART, i<sup>2</sup>C e SSU);
- d) Conversor A/D;
- e) Watchdog Timer;
- f) Interrupções (11 internas, 4 externas e 4 por software);
- g) Circuito para detecção de voltagem;
- h) Power-on Reset (POR);

A tensão especificada para o microcontrolador, tanto para alimentação quanto para execução das operações na memória flash, é de 2,7 a 5,5Volts. Outra grande vantagem da utilização do microcontrolador R8C/1B é sua memória flash, que se encontra dividida em quatro blocos, dos quais dois blocos (1 e 0) são destinados à memória de programa e os outros dois (A e B) são destinados à memória flash de dados. A memória flash de programa permite que se faça a atualização do firmware à distância sem que seja necessário desligar ou retirar o Sistema AFIME.

### 3.1.2 Circuito integrado 74LS14

O circuito integrado TTL 7414 é um dispositivo TTL encapsulado em um invólucro DIP de 14 pinos que possui seis inversores Schmitt trigger.

O principal objetivo dos Schmitt Triggers é restaurar sinais digitais. Devido aos efeitos que ocorrem em linhas de transmissão, os sinais digitais quadrados podem se transformar em trapezoidais, triangulares ou mesmo em outro sinal mais complexo. O Schmitt Trigger possui internamente uma realimentação positiva, que resulta em uma histerese e um "efeito memória". Comparando com elementos lógicos simples ele possui dois níveis de entrada. Entre estes dois valores U<sub>1</sub> e U<sub>2</sub>, o estado da saída não é alterada (isso é chamado de histerese). Tal efeito estabiliza a saída contra uma comutação rápida devido à um ruído.

### 3.1.3 Sensor Óptico Fototransistor

O fototransistor é um dispositivo que funciona baseado no fenômeno da fotocondutividade. Ele pode, ao mesmo tempo, detectar a incidência de luz e fornecer um ganho dentro de um único componente. Como o transistor convencional, o fototransistor é uma combinação de dois diodos de junção, porém, associado ao efeito transistor aparece o efeito fotoelétrico.

O fototransistor possui diversas aplicações, sendo mais encontrado em aplicações on-off, onde a não linearidade do transistor não é um problema. A aplicação mais usual é a de um interruptor. Enquanto não há luz incidindo no fototransistor, não haverá uma corrente no emissor, e a tensão de saída será zero, estando ele em corte. Com a incidência de luz, teremos uma corrente no emissor, provocando uma tensão.

No hardware do AFIME é usado um fototransistor para cada medidor a ser aferido. Ele tem a função de notificar ao microcontrolador do sistema que o led de calibração do medidor eletrônico que esta sendo aferido emitiu um sinal de pulso relativo ao consumo de energia. Essa informação é passada ao microcontrolador.

### 3.1.4 Interface Serial

A interface serial tem por função permitir que o microcontrolador se comunique com um PC via dois fios de transmissão e recepção. O C.I. MAX232 é um controlador/receptor dual com capacidade de transmissão máxima de 120 kbits/s, ideal para comunicação com sistemas computacionais.

Para compatibilizar o nível dos sinais do microprocessador e do PC é necessário um conversor de níveis entre TTL e RS232. O C.I. conversor, MAX232, desenvolvido pela Texas Instruments, foi escolhido devido sua eficiência e funcionalidade.

## 3.2 SOFTWARE

O software de controle do sistema AFIME foi desenvolvido no programa Borland C++ Builder 6.0. Consiste de uma programação simples orientada a objetos. O software tem a função de determinar os medidores

que serão aferidos, o número de pulsos que serão contados dos medidores, receber os valores da aferição e adequar o firmware para aferições mais precisas. A figura 4 abaixo mostra a interface do software interface de aferição.

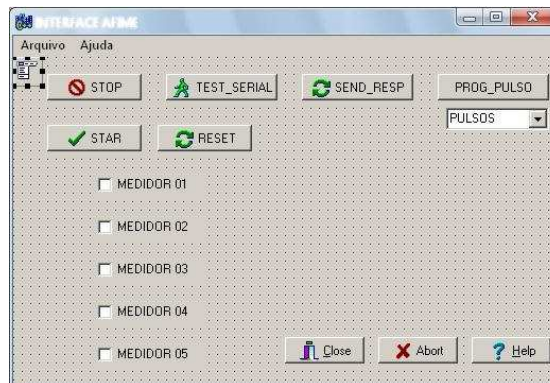


Figura 4 – Software de interface de aferição

O software interface de aferição é formado por seis botões de comando do sistema AFIME:

- a) STOP – envia para o microcontrolador o valor em hexadecimal 0xBB que para a aferição;
- b) TEST\_SERIAL – envia para o microcontrolador o valor em hexadecimal o valor 0x11 para testar a comunicação serial do software com o sistema;
- c) SEND\_RESP – envia para o microcontrolador o valor em hexadecimal 0xCC para enviar serialmente o valor das aferições;
- d) PROG\_PULSO – envia para o microcontrolador o valor em hexadecimal 0xDD e em seguida o valor do número de pulsos a serem contados do medidor;
- e) STAR – envia o valor em hexadecimal 0xBF, onde X é equivalente aos medidores selecionados nos checkboxes. Tem a função de iniciar a aferição dos medidores selecionados;
- f) RESET – envia o valor em hexadecimal o valor 0xEY, onde Y é equivalente aos medidores selecionados nos checkboxes. Tem a função de reiniciar o valor das aferições já salvas na memória do microcontrolador;
- g) CLOSE – fecha o software de controle interface de aferição;
- h) ABOUT – indica referências sobre o desenvolvedor do software;
- i) HELP – mostra ajuda sobre o software, os botões do software e como utilizar o software interface de aferição.

### 3.3 FIRMWARE

O firmware do protótipo foi desenvolvido em linguagem C, utilizando-se para isso o software High-Performance Embedded Workshop da Renesas Technology Corporation, como já foi falado no tópico 3.1 deste trabalho. O firmware se constitui das funções que comandam o microcontrolador do sistema. As rotinas básicas que controlam o sistema englobam as etapas de inicialização e operações, onde as operações a serem realizadas são as leituras dos fototransistores, processo de aferição, envio de dados da aferição e recepção de comandos.

#### 3.3.1 Inicialização

Esta é a etapa de configuração do sistema e é executada cada vez que o mesmo é inicializado. O microcontrolador controlará via firmware a interface serial, bem como inicializará as variáveis do sistema. Ao ligar o AFIME um led acende indicando que o sistema está em funcionamento mais não está em processo de aferição; em seguida o sistema de clock e os registradores do modo de operação são inicializados; após as interrupções são desabilitadas; logo depois são inicializadas as variáveis do firmware, os timers e a comunicação serial são configurados.

#### 3.3.2 Operações

As operações a serem realizadas corresponderão, basicamente, as etapas de leitura do sensor óptico, leitura da interface com o padrão, processo de aferição e envio de dos valores da aferição.



### **3.3.2.1. Leitura dos fototransistores**

Quando sistema AFIME é ligado e finaliza seu processo de inicialização, o microcontrolador do sistema fica a espera dos comandos a serem enviados pelo software interface de aferição, determinando quais medidores serão aferidos e o nível de aferição (numero de pulsos a serem contados dos medidores e comparados com o do padrão de aferição).

Após o recebimento do comando pelo software o microcontrolador faz uma leitura das portas onde estão conectados os cinco fototransistores que enviaram o sinal do led de calibração dos medidores. Essa leitura é realizada somente nas portas onde estão conectados os medidores selecionados para aferição. Se a porta onde estiver conectado o medidor que foi selecionado para aferição não estiver recebendo o sinal do fototransistor o microcontrolador passa para leitura da próxima porta. Se nenhuma das portas estiverem recebendo o sinal dos seus devidos fototransistores o sistema não inicializa a aferição e aguarda a chegada do sinal do fototransistor.

### **3.3.2.2 Processo de aferição**

Após leitura das portas do microcontrolador onde estão conectados os fototransistores que recebem o sinal enviado pelos leds de calibração dos medidores eletrônicos o microcontrolador faz um pequeno tratamento do sinal, para verificar se esse pulso enviado pelo fototransistor é verdadeiro ou apenas um ruído. Se o sinal for tido como falso pelo tratamento de sinal, o microcontrolador descarta o pulso falso e reinicia todas as variáveis do sistema, e espera um novo pulso para fazer novamente o tratamento do sinal. Se o pulsos for aceito após o tratamento de sinal o microcontrolador aceita o sinal e inicia o processo de aferição.

O processo de aferição consiste em contar o numero de pulsos que o padrão envia para o microcontrolador no intervalo entre o numero de pulsos a serem contados dos medidores eletrônicos. Por exemplo, se foi selecionado no software um valor de dez pulsos a serem contados dos medidores, então o sistema conta o numero de pulsos que o padrão envia para o microcontrolador durante a contagem desses dez pulsos dos medidores. Essa contagem é realizada dez vezes por cada medidor, para no final da aferição sabermos a variação do erro entre cada contagem.

No momento em que o sinal do led de calibração do medidor é aceito pelo microcontrolador, o próprio microcontrolador dispara a contagem do padrão de aferição através de um timer em modo de contador de eventos.

A contagem de pulsos do padrão de aferição só é finalizada quando o numero de pulso do medidor chega ao valor programado pelo software. No mesmo instante em que esse valor é estourado o microcontrolador, para o padrão de aferição, salva os valores da contagem do timer na memória, reinicia as variáveis do sistema e então espera cinco segundos para iniciar a aferição do próximo medidor selecionado. Ao termino da aferição dos medidores selecionados o microcontrolador fica a espera da requisição de dados via software.

### **3.3.2.3 Envio de dados de aferição**

Ao receber o comando de envio de resultado de aferição do software de controle do sistema, o AFIME envia para o software o valor das dez aferições realizadas. Esses valores são salvos pelo software no computador em uso em um arquivo

## **4. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

A fim de validar o Sistema AFIME, um protótipo do mesmo passou por uma serie de testes realizados no laboratório SISCOME. Um dos testes consistiu em aferir um medidor SAGA 1000 da empresa Landis+Gyr, devidamente calibrado, o qual é um medidor de classe 0,5% de exatidão, com altíssima precisão e confiabilidade. Foi aplicada uma tensão de 110 V, corrente de 0,300 A e fator de potência 0,998, tanto no medidor como no padrão. Foram realizadas cinco series de testes, com dez aferições para cada serie, sendo o erro calculado para cada serie mostrado no gráfico da figura 6(a). Percebe-se que o erro se manteve uniforme dentro da faixa de erro de 0,020% e 0,030% , o que é totalmente aceitável para os padrões de erro do medidor aferido. Isso mostra que o AFIME calculou corretamente os erros do medidor.

A figura 5(b) nos mostra a variação entre o erro máximo e o erro mínimo de cada serie de testes realizados com o medidor SAGA 1000. Nota-se que a variação do erro ficou entre 0,009 e 0,006 %, o que mostra que o erro calculado de cada serie de teste se mantém dentro de uma faixa de erro aceitável e excelente, logo comprovando a exatidão do cálculo do AFIME.

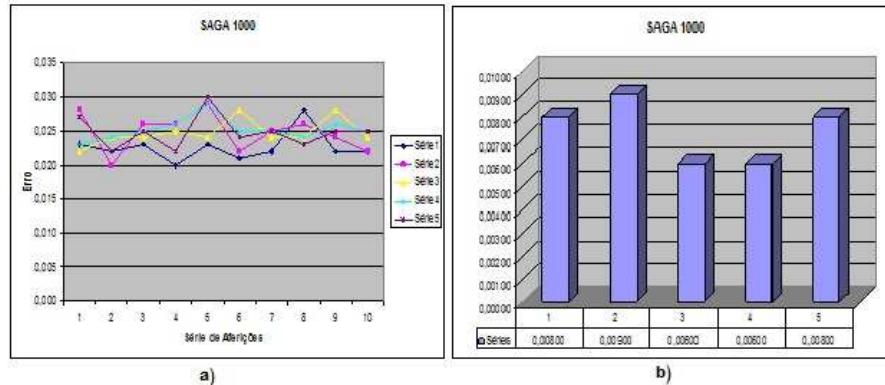


Figura 5 – (a) Gráfico do erro de aferição do medidor SAGA 1000; (b) Variação do erro máximo e mínimo de cada serie de teste de aferição do medidor SAGA 1000

Um outro teste realizado com o SAGA 1000 consistiu em utilizar uma taxa de aferição mais precisa, ou seja, com maior tempo de operação do medidor. Nesse teste foi aplicado a mesma tensão de 110 V e uma corrente mais elevada de 5 A e fator de potência 0,998. O gráfico da figura 7(a) mostra os resultados desta aferição mais precisa. Nota-se na figura 7(a) que, mesmo em condições mais severas de funcionamento, o erro do medidor se mantém dentro de uma faixa de variação de erro de 0,006 e 0,016, o que é mostra que os cálculos e medidas realizadas pelo AFIME são totalmente corretos e condizem com o medidor SAGA 1000.

Na figura 6(b) mostra o gráfico da variação entre o erro máximo e os erros mínimos das cinco seriem de testes. Pode-se novamente verificar que as medidas e cálculos realizados pelo AFIME são corretos, mantendo-se a variação do erro entre 0,0030 e 0,0090 o que condiz com o erro do medidor SAGA 1000.

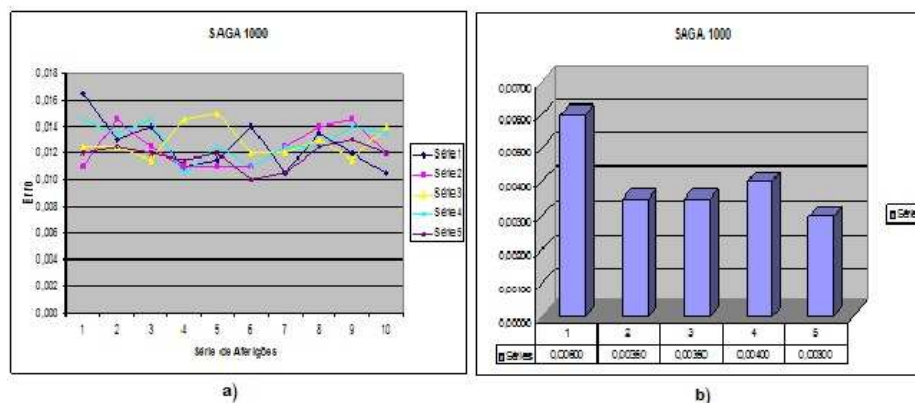


Figura 6 – (a) Gráfico do erro de aferição do medidor SAGA 1000, com contagem de pulsos do medidor igual a dez; (b) Variação do erro máximo e mínimo de cada serie de teste de aferição do medidor SAGA 1000, com contagem de pulsos do medidor igual a dez.

## 6. CONCLUSÕES

O desenvolvimento do projeto apresentado neste trabalho requereu a utilização de diversos conceitos e conhecimentos no campo da mecatrônica. Dentre esses conceitos cita-se a metrologia oficial dos medidores de energia e os circuitos embarcados de ultima geração. O conceito da arquitetura proposta, bem como aqueles pertinentes aos elementos do sistema em questão oferecem contribuição que se soma aos esforços que buscam soluções para a necessidade de aferir os medidores



eletrônicos, as quais são de grande importância tanto para concessionária de energia elétrica como para o cliente consumidor.

O protótipo final funcionou dentro das especificações inicialmente estabelecidas, mostrando-se operacional e apresentando resultados confiáveis. Os resultados obtidos nos ensaios efetuados com o medidor eletrônico SAGA 1000 validam o funcionamento do sistema e mostra que os objetivos previstos neste trabalho foram alcançados.

Mostrou-se, então, neste trabalho que a implementação do sistema AFIME, um equipamento pequeno, leve, de simples manuseio e de fabricação de baixo custo, para aferição de medidores eletrônicos de energia elétrica é bastante viável.

Como sugestão para trabalhos futuros, propõe-se além da utilização de um microcontrolador com um maior número de portas I/O, para se aferir um maior número de medidores simultaneamente, e um aprimoramento do firmware e do software de comando, contendo um maior número de funções, dependendo das necessidades dos usuários.

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **RESOLUÇÃO ANEEL Nº 258, DE 06 DE JUNHO DE 2003:** Instalação de equipamentos de medição de energia elétrica para fins de faturamento. Rio de Janeiro, 2003. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/cedoc/bres2003258.pdf>>. Acesso em: 19 mai. 2012.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **RESOLUÇÃO N.º 456, DE 29 DE NOVEMBRO DE 2000:** Estabelece de forma atualizada e consolidada, as condições gerais de fornecimento de energia elétrica. Rio de Janeiro, 2000. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/cedoc/res2000456.pdf>>. Acesso em: 19 mai. 2012.

ANEEL, **Agência Nacional de Energia Elétrica**. Séminario – ANEEL Medidores Eletrônicos. Disponível em: < [http://www.aneel.gov.br/Arquivos/PDF/ABINEE-Roberto\\_Barbieri.pdf](http://www.aneel.gov.br/Arquivos/PDF/ABINEE-Roberto_Barbieri.pdf)>. Acesso em: 19 mai. 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14519:** Medidores eletrônicos de energia elétrica (estáticos) - Especificação. Rio de Janeiro, 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14520:** Medidores eletrônicos de energia elétrica (estáticos) - Método de ensaio. Rio de Janeiro, 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14521:** Aceitação de lotes de medidores eletrônicos de energia elétrica - Procedimento. Rio de Janeiro, 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14522:** Intercâmbio de informações para sistemas de medição de energia elétrica. Rio de Janeiro, 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8374:** Medidor de energia reativa - Ensaios. Rio de Janeiro, 1995.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8377/8378:** Medidor de Energia Ativa. Rio de Janeiro, 1995.

ELETROSUL, **Medidores Digitais Começam a Conquistar Mercado no Brasil**, disponível em:<[http://www.eletrosul.gov.br/gdi/gdi/cl\\_pesquisa.php?pg=cl\\_abre&cd](http://www.eletrosul.gov.br/gdi/gdi/cl_pesquisa.php?pg=cl_abre&cd)>. Acesso em: 19 mai. 2009.