

# O Impacto do Uso de Microcomputadores na Qualidade da Energia Elétrica

Ângelo Stano Jr. - Délvio Franco Bernardes\* - José Carlos G. Rodrigues - José Manuel E. Vicente

Escola Federal de Engenharia de Itajubá  
Av.BPS, 1303 - Cep 37500-000 - Itajubá/MG - Brasil  
e-mail: delvio@iee.efei.rmg.br  
telefone: (035) 629 11 72  
fax: (035) 629 11 87  
\* Autor para contato

## RESUMO

É indiscutível que o uso de microcomputadores tem se tornado cada vez mais corriqueiro em todos os setores da sociedade e, em particular, naquele em que situam-se os consumidores que recebem energia em média tensão, com destaque à indústria de pequeno e médio porte, ao comércio e às entidades de prestação de serviços. Aguçada pela redução nas restrições às importações, a pressão da competitividade do mercado torna imprescindível o aprimoramento da qualidade na produção e da agilidade nos trâmites administrativos e comerciais. Estes fatores congregam-se na condução de uma enorme evolução do uso de microcomputadores.

A despeito deste contexto, pode-se sugerir que muito pouco se tem preocupado com a repercussão de tamanha profusão de cargas com características fortemente não lineares. Coaduna com tal hipótese a raridade com que estudos envolvendo esta vertente vêm sendo realizados.

Este artigo propõe-se a contribuir no preenchimento desta lacuna, apresentando resultados de medições realizadas em campo. Para concretizar este objetivo, efetuou-se uma campanha de registros, junto à medição da concessionária para efeito de faturamento, no lado de média tensão da subestação de entrada da Escola Federal de Engenharia de Itajubá (EFEI).

## I - INTRODUÇÃO

Além de uma instituição de ensino, a EFEI também se coloca como uma entidade prestadora de serviços, podendo-se destacar sua atuação cooperando com empresas, privadas e estatais, no desenvolvimento de produtos e de tecnologia. De forma a viabilizar este posicionamento, nos últimos anos vultosas parcelas de seu orçamento têm sido destinadas à aquisição de equipamentos de informática. Por esta razão pode-se dizer que o sistema de distribuição de energia elétrica da EFEI assemelha-se ao de muitas empresas especializadas na prestação de serviços de informática, fazendo uso de diversos equipamentos e procedimentos da área de processamento de dados.

Muito embora seja presumível que a maior parte da energia elétrica comprada pela EFEI destine-se à alimentação dos sistemas de iluminação e de ar condicionado, é razoável supor que uma porção significativa do seu consumo médio mensal, que situa-se por volta de 60 MWh, seja destinada ao suprimento de microcomputadores.

Mais especificamente este trabalho pretende verificar, a partir dos resultados obtidos, a magnitude do impacto causado pela presença destas cargas, na qualidade da energia, destacando-se:

- a influência quantitativa nos índices de distorção harmônica na tensão e na corrente;
- a ação destas distorções no erro do faturamento;

## II - MEDIÇÕES

Para que se pudesse avaliar o grau de influência das cargas não lineares, era importante que se tornasse possível observar o comportamento do sistema, em um dia normal de funcionamento (ficando portado descartada a hipótese da realização das medições em um fim de semana), quando livre deste tipo de carga. Para tanto, solicitou-se, individualmente, aos diversos órgãos da Instituição, que todos microcomputadores juntamente com seus respectivos acessórios fossem desligados pelo período das 14:46 às 15:15 horas de um dia normal de trabalho.

Um registrador numérico de aquisição de dados deu suporte às medições e registros. Uma vez que este instrumento lança mão de processos numéricos, tais como a FFT - Fast Fourier Transformer, no cálculo do consumo de energia, seus resultados foram tomados como padrões na estimativa do erro do faturamento. Também, para que a qualidade dos dados colhidos não fosse prejudicada em consistência, houve uma especial preocupação no emprego de transdutores de precisão compatível. A seguir está mostrado na figura 1 o diagrama representativo da montagem utilizada para as medições.

Inicialmente, das 14:31 às 14:45 horas, realizou-se uma primeira série de registros com duração de 15 minutos, durante a qual os microcomputadores foram mantidos funcionando normalmente. Em seguida, das 14:46 às 15:16 horas, quando a maioria dos

microcomputadores já havia sido desligada, efetuaram-se outras duas séries de registros também de 15 minutos cada.

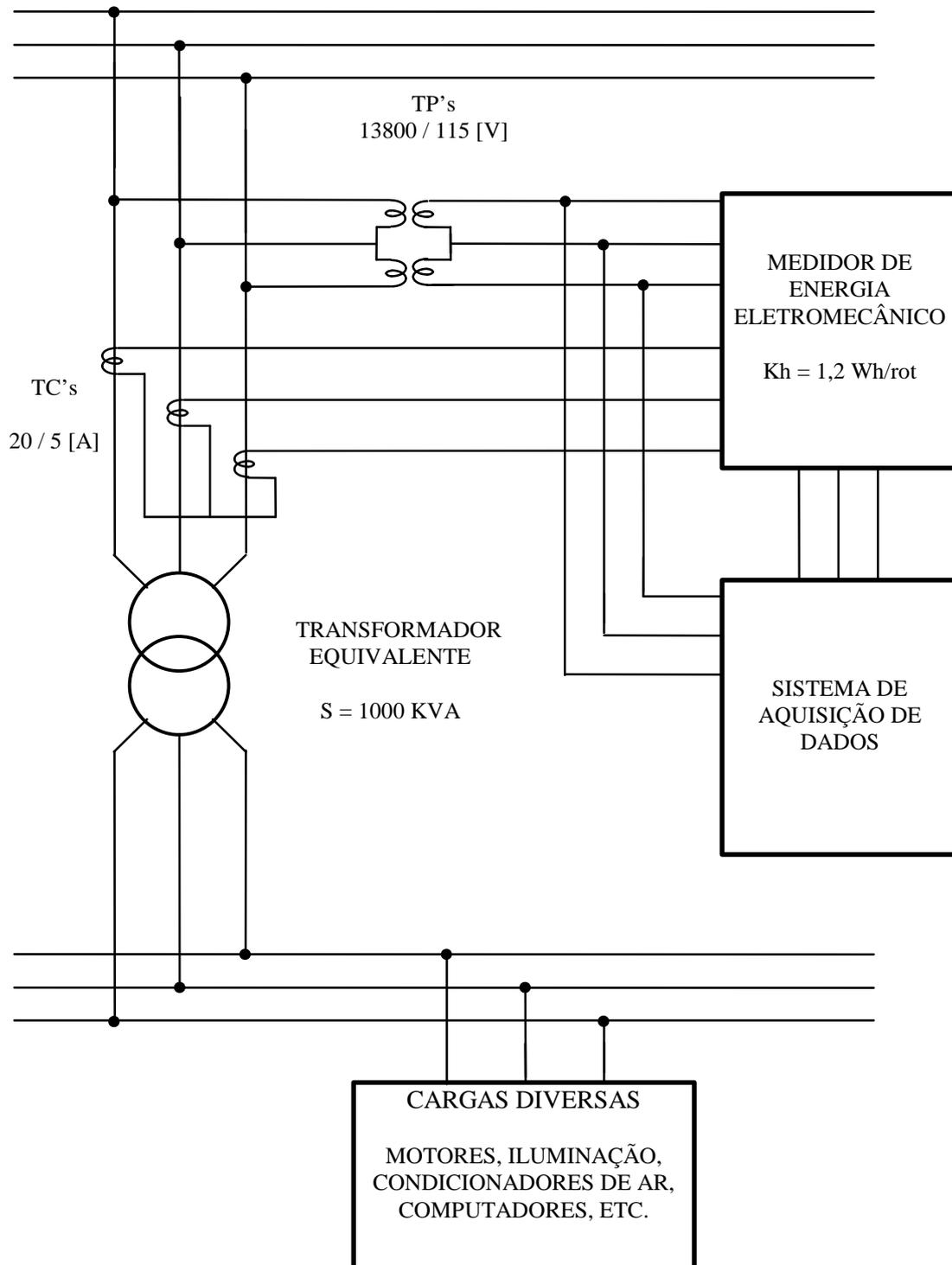


Figura 1 - Diagrama básico da subestação de entrada da EFEI, onde realizaram-se as medições.

### III - RESULTADOS OBTIDOS

#### III.1 - Corrente, potência e fator de potência

As figuras 2 e 3 indicam o perfil da média dos valores individuais da corrente de fase e do fator de potência.

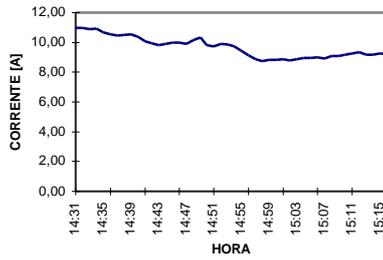


Figura 2 - Perfil da corrente média durante os testes.

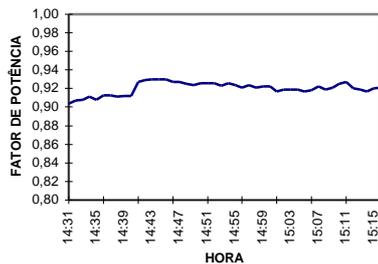


Figura 3 - Perfil do fator de potência médio.

De acordo com o perfil mostrado na figura 2, observa-se que houve redução significativa (cerca de 15%) no valor eficaz da corrente de carga, após o desligamento dos microcomputadores. O valor eficaz foi calculado segundo sua definição, levando-se em conta a presença da componente fundamental e de todos os harmônicos, até o de 32ª ordem, de acordo com a expressão a seguir:

$$I = \sqrt{\sum_{h=1}^{32} I_h^2}$$

onde:

- I - valor eficaz da corrente de carga;
- h - ordem da componente harmônica;
- $I_h$  - componente harmônica.

A figura 3 mostra que houve um aumento relevante no fator de potência, inclusive levando-o a alcançar valores médios acima do mínimo permitido sem imputação de pena, a partir do período de desligamento. O fator de potência foi calculado segundo sua definição, levando-se em conta a influência de todos os componentes de acordo com a expressão a seguir:

$$FP = \frac{\sum_{h=1}^{32} U_h \cdot I_h \cdot \cos \phi_h}{\sqrt{\sum_{h=1}^{32} U_h^2} \cdot \sqrt{\sum_{h=1}^{32} I_h^2}}$$

onde:

- FP - fator de potência;
- $U_h$  - valor eficaz da componente harmônica de tensão;
- $I_h$  - valor eficaz da componente harmônica de corrente;
- $\phi_h$  - ângulo de defasagem entre as componentes harmônicas de tensão e corrente;

Estão mostrados nas figuras 4 e 5 os aspectos dos perfis das potências ativa e aparente durante o desenrolar dos testes.

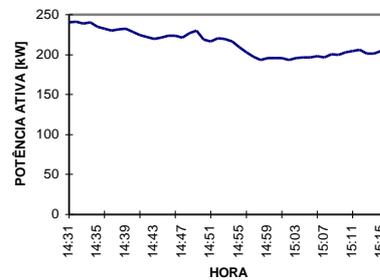


Figura 4 - Perfil da potência ativa média.

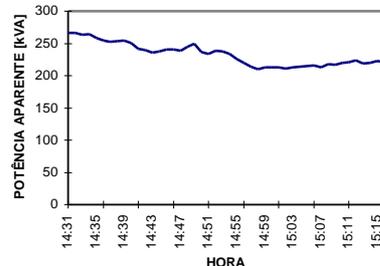


Figura 5 - Perfil da potência aparente média.

Cabe salientar que as grandezas cujos perfis estão apresentados nas figuras 4 e 5, foram também calculadas levando em conta suas componentes harmônicas, conforme as seguintes equações:

$$P = \sum_{h=1}^{32} U_h \cdot I_h \cdot \cos \phi_h$$

onde:

- P - potência ativa;
- $U_h$  - valor eficaz da componente harmônica de tensão;
- $I_h$  - valor eficaz da componente harmônica de corrente;

$\phi_h$  - ângulo de defasagem entre as componentes harmônicas de tensão e corrente;

$$S = \sqrt{\sum_{h=1}^{32} U_h^2} \cdot \sqrt{\sum_{h=1}^{32} I_h^2}$$

onde:

S - potência aparente;

$U_h$  - valor eficaz da componente harmônica de tensão;

$I_h$  - valor eficaz da componente harmônica de corrente;

Embora tenha ocorrido uma redução na potência ativa consumida após o desligamento dos micros, a potência aparente experimentou diminuição ainda maior, ratificando os resultados obtidos para o fator de potência durante o período observado.

### III.2 - Níveis de distorção harmônica

As figuras 6 a 9 mostram a influência dos microcomputadores nos níveis de distorção das formas de onda. Embora a corrente seja bastante distorcida, a forma de onda de tensão é praticamente senoidal, o que se deve às características do sistema (impedância do transformador) e aos níveis de corrente.

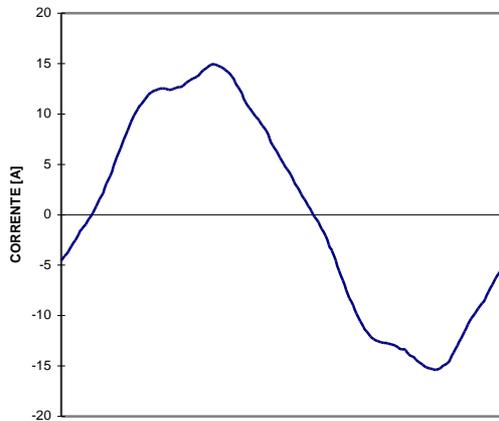


Figura 6 - Microcomputadores ligados - Forma de onda de corrente.

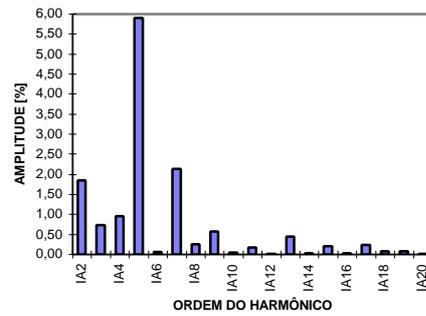


Figura 7 - Espectro harmônico correspondente à curva da figura 6.

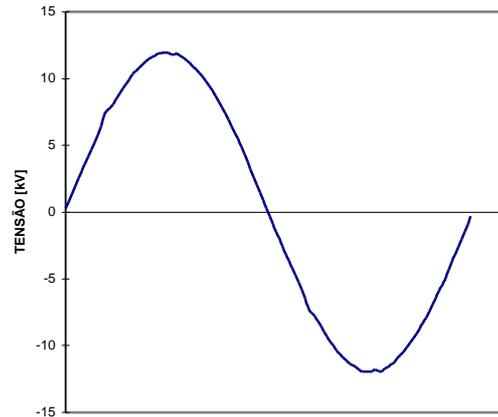


Figura 8 - Microcomputadores ligados - Forma de onda de tensão.

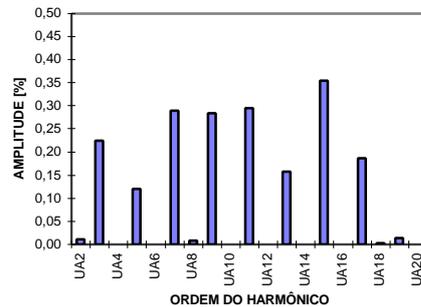


Figura 9 - Espectro harmônico correspondente à curva da figura 8.

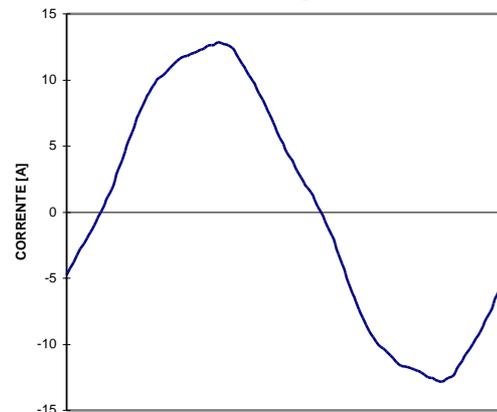


Figura 10 - Microcomputadores desligados - Forma de onda de corrente.

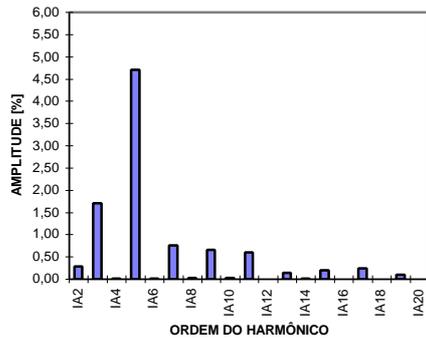


Figura 11 - Espectro harmônico correspondente à curva da figura 10.

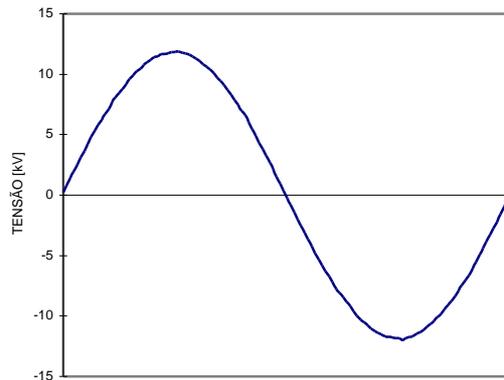


Figura 12 - Microcomputadores desligados - Forma de onda de tensão.

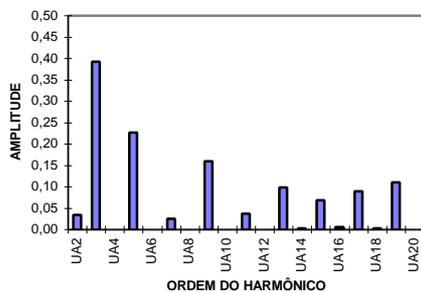


Figura 13 - Espectro harmônico correspondente à curva da figura 12.

Os valores de distorção harmônica total de corrente (IDHT) e tensão (UDHT), com os microcomputadores ligados e desligados, e considerando-se os harmônicos até 31ª ordem são os indicados na tabela 1 mostrada a seguir:

Tabela 1 - Valores de distorção harmônica

	MICROCOMPUTADORES	
	DESLIGADOS	LIGADOS
IDHT	5,18 %	6,73 %
UDHT	0,58 %	0,81 %

### III.3 - Erros da medição de energia

Durante todas as etapas de medição foi registrado o número de rotações efetuadas pelo disco do medidor, permitindo assim obter o valor correspondente à energia por ele contabilizada. O valor assim obtido foi comparado com aquele obtido através do sistema de aquisição de dados, considerado como o valor real. O resultado desta comparação é apresentado a seguir.

Microcomputadores Ligados:

Registrador - 57.024 [Wh]

Aquisição - 57.702 [Wh]

**Erro do registrador: - 1,18 [%]**

Microcomputadores Desligados:

Registrador - 49.536 [Wh]

Aquisição - 49.910 [Wh]

**Erro do registrador: - 0,75 [%]**

## IV - CONCLUSÕES

Embora os microcomputadores injetem correntes harmônicas no sistema elétrico, para os níveis de corrente e distorção observados, o erro apresentado pelo medidor é muito pequeno, podendo ser considerado desprezível, já que é, inclusive, próximo dos erros dos transformadores de medição utilizados. Deste modo pode-se concluir que para as condições dos testes realizados, o medidor é adequado à medição de energia com vistas ao faturamento.

Caso haja uma distorção de tensão apreciável, quando por exemplo o sistema abastecedor possuir uma menor capacidade de curto circuito, levando à existência de valores razoáveis de potências harmônicas, pode ocorrer deste erro vir a aumentar, atingindo patamares significativos.

## BIBLIOGRAFIA

- [1] - M. McEachern, W. M. Grady, W. A. Moncrief, G. T. Heydt, M. McGranaghan, IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 10, No. 1, *Revenue and Harmonics: An Evaluation of Some Proposed Rate Structures*, January 1995.
- [2] - Delgado, A. C. Valbert - *Estudo e avaliação da interferência de harmônicos na medição da energia elétrica* - CPFL - Companhia Paulista de Força e Luz, dezembro de 1990.
- [3] - M. McGranaghan - *Harmonics from Residential Customers* - IEEE 519 Application Panel Session, PES Winter Meeting, 1994.
- [4] - A. Domijan, Jr., E. Embriz-Santander, A. Gilani, G. Lamer, C. Stiles, C. W. Williams, Jr., IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 11, No. 1, *Watt-hour Meter Accuracy Under Controlled Unbalanced Harmonic Voltage and Current Conditions*, January 1996.