

## EVOLUÇÃO DO CONSUMO ESPECIFICADO E REAL DE REFRIGERADORES E ANÁLISE DE FATOR DE POTÊNCIA

FELIPE LOPASSO RODRIGUES <sup>\*1</sup>, GUILHERME ABRAHÃO ZALEWSKI<sup>1</sup>,  
PEDRO AUGUSTO MARQUES DE CARVALHO<sup>1</sup>, YURI HAYASHI ISAYAMA<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Curso de Graduação – Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação – UNICAMP

\*E-mail do autor correspondente: [lipesh@gmail.com](mailto:lipesh@gmail.com)

**RESUMO:** Apresentam-se neste artigo os resultados das medições do consumo e fator de potência de refrigeradores para uma estimativa do consumo mensal. Discutem-se os valores encontrados, comparando os modelos de refrigeradores antigos com modelos novos, verificando se houve, de fato, alguma evolução. Verificou-se que o consumo do refrigerador CLIMAX 230, mais antigo, é aproximadamente 75% maior do que o consumo dos outros dois modernos. Obteve-se que o consumo energético dos refrigeradores fornecido pelos fabricantes é coerente com o consumo real e que houve uma melhora na eficiência dos aparelhos ao longo do tempo. Os fatores de potência foram bastante distantes do valor estipulado pela resolução ANEEL nº456.

**PALAVRAS-CHAVES:** refrigeradores, consumo energético, fator de potência.

**SUMMARY:** We present in this article the results of measurements of consumption and power factor of refrigerators for an estimate of monthly consumption. We discuss the values found by comparing the models of old refrigerators with new models, checking if there was indeed some progress. It was found that consumption of the refrigerator CLIMAX 230, oldest, is about 75% higher than the consumption of two other modern. It was found that the energy consumption of refrigerators supplied by manufacturers is consistent with the actual consumption and that there were improvements in the efficiency over time. The power factors were quite distant from the value established by ANEEL Resolution No. 456.

**KEY WORDS:** refrigerators, energy consumption, power factor.

### INTRODUÇÃO

Há alguns anos que fabricantes promovem “medidas verdes” a serem tomadas em suas linhas de produção. Produtos que consomem menos são alvos dos consumidores e são, portanto, as metas das indústrias que querem vender cada vez mais.

O governo também se preocupa com isso. O Procel, programa nacional de conservação de energia elétrica, é responsável pela divulgação

da eficiência dos eletrodomésticos. O que o consumidor não sabe é que a demanda energética do país é afetada não somente pelo que está explícito nos encartes dos produtos, há a necessidade de se produzir outro tipo de energia que deve suprir uma exigência de cargas reativas, como os motores em eletrodomésticos (compressores dos refrigeradores, máquinas de lavar, etc). Essa energia não é cobrada, mas deve ser gerada e transmitida, o que leva ao alto custo

energético brasileiro. “Ao mesmo tempo em que temos que gerar uma potência ativa fixa para as residências, ao subir o consumo de potência reativa, faz-se necessidade da sua geração e transmissão, que por sua vez necessita de linhas de transmissões maiores e mais robustas - financeiramente mais caras”, citação do Professor Walmir Freitas (FEEC-UNICAMP).

Nas residências, essa energia “indesejada” continua a ser gasta por falta de fiscalização, já que não é viável para o governo espalhar fiscais em todas as residências. Ela poderia ser reduzida a partir da revisão e melhoria dos projetos dos eletrodomésticos, mas atualmente, a preocupação do fabricante está centrada na publicidade de um produto mais econômico e barato. Portanto, corrigir um problema no qual não há fiscalização é economicamente inviável.

Foi estudada a diferença do consumo real (medido) com o consumo apresentado para o consumidor e a relação da energia reativa gasta com o permitido pela resolução da ANEEL.

## MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi feito com três refrigeradores de épocas diferentes: Um refrigerador *Clímax 230* (230 litros), consumo não especificado, fabricação na década de 80/90; Um refrigerador *Electrolux RE26* (260 litros, consumo de 24,1kWh/mês), de fabricação recente; Um refrigerador *Continental RC27* (250

litros, consumo de 23,7kWh/mês), também de fabricação recente.

Para a realização das medições, foi utilizado um aparelho chamado NANOVIP, específico para o cálculo da potência ativa e o fator de potência através da tensão e corrente fornecida para o refrigerador (Figura 1).



**Figura 1.** Aparelhagem de medida (NANOVIP) e montagem experimental

Os dados foram medidos pelo tempo em que o compressor dos refrigeradores permaneceu ligado. Trabalhou-se com a média dos valores medidos e então, através dos conceitos de potência ativa e reativa e pelo cálculo de energia consumida (Apêndice 1 e 2 respectivamente), foi estimado o consumo real dos refrigeradores. A estimativa de tempo do compressor ligado por dia (refrigerador gastando energia) foi retirada do site do fabricante dos refrigeradores, sendo igual a 8h20min por dia (8.33 horas). Essa estimativa conta com as perdas de calor devido às várias vezes ao dia em que os refrigeradores são abertos e com as perdas pelo isolamento térmico.

Com as estimativas de consumo energético e fator de potência, puderam-se comparar os refrigeradores atuais com seus respectivos consumos nominais, além de uma comparação entre o consumo dos refrigeradores atuais com antigos e o fator de potência de cada refrigerador.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Através das medições dos três refrigeradores puderam-se retirar os dados de consumo (Tabela 1).

Tabela 1. Potências Ativas médias (PA) e respectivos Fatores de Potência médios (FP) para os refrigeradores CLIMAX 230 (CX-230), compressor em funcionamento por 5 minutos, Electrolux RE26 (RE-26) e Continental RC27 (RC-27), ambos com os compressores em funcionamento por 18 minutos.

CX-230			RE-26	RC-27
PA (W)	FP	PA (W)	FP	FP
201	0,61	115	0,64	0,64
195	0,59	116	0,63	0,63
191	0,59	116	0,64	0,64
190	0,59	110	0,62	0,62
189	0,59	112	0,63	0,63
188	0,58	111	0,62	0,62
188	0,57	110	0,62	0,62
188	0,57	109	0,62	0,62
		107	0,61	0,61
		106	0,61	0,61
		107	0,61	0,61
		106	0,60	0,60

		106	0,60	0,60
		105	0,60	0,60
		104	0,60	0,60
		103	0,60	0,60
Média (e Desvio Padrão)				
190,8 (4,43)	0,586 (0,013)	109,0 (4,34)	0,615 (0,015)	0,649 (0,020)

A partir da estimativa de tempo do compressor ligado, calculou-se o consumo médio dos refrigeradores em estudo (Tabela 4) através do desenvolvimento apresentado no Apêndice 2.

**Tabela 2.** Consumo real médio (medido), consumo nominal e fator de potência para os refrigeradores CLIMAX 230 (CX-230), Electrolux RE26 (RE-26) e Continental RC27 (RC-27).

	Consumo médio (kWh/mês)	Consumo nominal (kWh/mês)	Fator de potência
CX-230	47,70	-	0,59
RE-26	27,25	24,1	0,62
RC-27	27,53	23,7	0,65

Com base nestes resultados, verificou-se que o consumo do refrigerador 'CLIMAX 230', mais antigo do que os outros dois, é aproximadamente 75% maior do que o consumo dos outros.

Comparando os resultados oriundos das medições com os valores tabelados dos fabricantes, verifica-se uma diferença de 12% para o refrigerador 'ELECTROLUX RE26' e de

15% para o refrigerador 'CONTINENTAL RC27' entre os valores em questão. Para o refrigerador 'CLIMAX 230', o valor do consumo médio mensal não era fornecido pelo fabricante na época em que o produto era comercializado.

De acordo com o artigo nº64 da resolução ANEEL nº456 de 29 de novembro de 2000 (ANEEL, 2009), o fator de potência nas unidades consumidoras deve ser superior a 0,92 durante todo o dia. Com base nos valores obtidos das medições, observa-se a não adequação dos refrigeradores em relação a esta resolução, pois os fatores de potência apresentados pelos refrigeradores estão bastante distantes do valor estipulado pela norma: em média 32,6% menores.

Os resultados obtidos das medições e das subsequentes estimativas realizadas apontaram que o consumo energético dos refrigeradores fornecido pelos fabricantes é coerente com o consumo real e que houve uma melhora na eficiência dos aparelhos ao longo do tempo.

A análise da importância do fator de potência no que diz respeito à geração e à distribuição de energia elétrica justifica a intervenção na fabricação destes eletrodomésticos: a adequação do fator de potência poderia ser incentivada com redução de impostos, por exemplo, como foi feito no caso da redução do consumo dos mesmos aparelhos.

**AGRADECIMENTOS:** Ao coordenador do curso de Engenharia Elétrica, Professor José

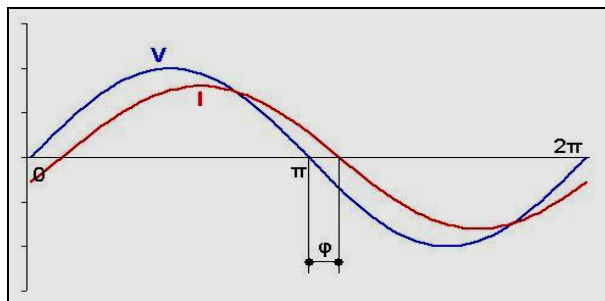
Antenor Pomílio, e ao Professor Carlos A. Castro, que nos ofereceram os equipamentos e as permissões necessárias para as medições. Agradecemos também o Professor Waldir Freitas, que nos explicou sobre o problema do baixo fator de potência nas redes e nas implicações da transmissão e geração do mesmo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BURIAN JR., YARO; LYRA, ANA CRISTINA C., In: Circuitos Elétricos. Prentice Hall, 2006. p. 241-255
- SEN, P.C., In: Principles of Electric Machines and Power Electronics. Wiley&Sons, 1996. p. 293-362
- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA-ANEEL. Resolução nº456, De 29 de Novembro de 2000. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/cedoc/res2000456.pdf> - Acesso em: 4 novembro 2009
- Energy Efficiency - Springer Netherlands. Life cycle cost analysis of energy efficiency design options for refrigerators in Brazil. Volume 2, Number 3 / August, 2009. Disponível em: <http://www.springerlink.com/content/632243t2866x7184/fulltext.pdf> - Acesso em: 20 Novembro 2009

## APÊNDICE 1

O fator de potência é definido pela função  $fp = \cos(\varphi)$ , variando de 0 a 1. Em sistemas alternados, onde o sentido da corrente e da tensão variam periodicamente, a posição da tensão e da corrente é definida pela fase, pois ambos (tensão e corrente) são descritas por funções senoidais. Nesse caso,  $\varphi$  é a fase, ou seja, a posição que se encontra a corrente com relação à tensão (Figura 2).



**Figura 2.** Representação da defasagem entre a tensão e corrente.

Pela figura 2, pode-se observar que a corrente (I) se encontra atrasada com relação à tensão (V). Esse atraso é de  $\phi$ . Se fosse necessário se fazer um cálculo de potência, a fórmula utilizada seria  $P=VI\cos(\phi)$  (potência ativa), diferente de  $P=VI$  (potência total ou aparente) que normalmente é utilizada em circuitos de corrente e tensão contínua.

Essa defasagem entre a corrente e a tensão, causada por cargas reativas (por exemplo: motores), define se é consumida a potência reativa. Quando a corrente e a tensão estão em fase, a potência reativa não é consumida, o desperdício na transmissão de energia é menor e o valor do fator de potência é ótimo e igual 1.

Qualquer fator de potência menor que o unitário implica em consumo de potência reativa e um fornecimento maior de corrente necessária para geração de uma mesma potência ativa.

## APÊNDICE 2

Para o cálculo do consumo mensal do eletrodoméstico, basta multiplicar a potência consumida durante o funcionamento pelo tempo em que o mesmo ficou ligado durante o mês.

No caso dos refrigeradores, de acordo com os fabricantes, é estimado que o tempo em que o eletrodoméstico fica ligado durante o dia é de, aproximadamente, oito horas e vinte minutos, ou seja, 8.33h. Durante o mês são, portanto, 250 horas.

Basta então multiplicar este período (T) pela potência (P) do refrigerador para encontrar o consumo energético em W-h (E).

Utilizando a média de potência dos refrigeradores utilizados nas medições, calculamos os seguintes consumos médios mensais:

$$E = P \times T$$

Para o refrigerador CLIMAX 230:

$$E_1 = 190,89 * 250 = 47722,5 \text{ Wh}$$

$$E_1 = 47,722 \text{ kWh}$$

Para o refrigerador ELECTROLUX RE26:

$$E_2 = 109,0 * 250 = 27250 \text{ Wh}$$

$$E_2 = 27,25 \text{ kWh}$$

E, por fim, para o refrigerador CONTINENTAL RC27:

$$E_3 = 110,13 * 250 = 27532,5 \text{ Wh}$$

$$E_3 = 27,53 \text{ kWh.}$$