

## Capítulo V

# Caracterização de aparelhos eletrodomésticos

Igor Amariz Pires\*

Este capítulo apresenta a avaliação de medições realizadas para caracterizar a produção de harmônicos em eletrodomésticos de consumidores residenciais e comerciais no sistema de distribuição, além de mostrar quais foram os principais resultados obtidos nestas medições. O instrumento de medição utilizado foi o ION 7650, desenvolvido pela Power Measurement©, que apresenta as principais grandezas elétricas, como tensão, corrente, potência ativa, reativa e aparente, etc., com o objetivo de monitoração da qualidade de energia.

No caso das medições realizadas nos aparelhos eletrodomésticos, foram medidas de minuto a minuto a tensão, a corrente, o THD de tensão e corrente, o fator de potência e a potência ativa, reativa e aparente. Como o enfoque deste trabalho são os harmônicos, os resultados apresentados serão de corrente, harmônicos, valor eficaz, fator de crista e o THD de tensão no instante de medição. A forma de onda era guardada no instrumento não de forma automática e sim por intervenção do usuário. O tempo de coleta total variava de aparelho para aparelho, conforme sua funcionalidade.

### **Aparelhos eletrodomésticos**

Foram medidos mais de 100 aparelhos eletrodomésticos em 33 diferentes tipos. Para melhor visualização destes resultados, agruparam-se estas medições em seis categorias:

- 1. Iluminação:** lâmpadas incandescentes e dimerizadas, fluorescentes compactas, fluorescentes convencionais, vapor de mercúrio, vapor de sódio e mista.
- 2. Eletrônicos:** televisões, videocassetes, videogames, computadores, aparelhos de fax, aparelhos de som, laptop, telefone sem fio.
- 3. Refrigeradores:** geladeiras, freezers, frigobar, bebedouros.
- 4. Condicionadores de ar:** ares-condicionados de várias potências.
- 5. Aquecimento:** chuveiro, cafeteira, ferro de passar roupas, torradeira, micro-ondas.
- 6. Motores:** batedeiras, circulador de ar, ventiladores, enceradeira, espremedor de laranja, exaustor, lavadora de roupas, liquidificador, tanquinho.

Com exceção do primeiro grupo que apresenta diferenças na forma de onda de corrente de um aparelho medido para o outro, os outros grupos têm a forma de onda de corrente comum se forem comparados um eletrodoméstico a outro.

### **Iluminação**

#### **Lâmpadas incandescentes**

As lâmpadas incandescentes são cargas puramente resistivas, tendo um comportamento linear, que também é confirmado quando comparado o conteúdo harmônico da tensão

e corrente. A Tabela 1 mostra os THDs de tensão e corrente em medições realizadas em cinco lâmpadas incandescentes. Pode-se notar que, descontando os eventuais erros do instrumento de medição, os dois THDs são iguais, mostrando que estas lâmpadas não geram correntes harmônicas. Enfim, os harmônicos de corrente serão iguais aos harmônicos de tensão, por serem as lâmpadas incandescentes cargas lineares.

Nº	Fabricante/tipo	Potência (W)	THD (%)	
			V	I
1	Fabricante 1 – tipo clara	40	4,01	3,67
2	Fabricante 2 – tipo clara	40	3,91	3,95
3	Fabricante 3 – tipo bulbo translúcido	60	3,76	3,64
4	Fabricante 4 – tipo cristal	100	3,22	3,15
5	Fabricante 1 – tipo bulbo translúcido	100	3,76	3,66

Entretanto, quando dimerizadas, o conjunto “lâmpada incandescente + dimmer” passa a ter um comportamento de carga não linear, como mostrado na Tabela 2, na qual são mostrados os THDs, tanto de tensão quanto de corrente, para os mesmos níveis de iluminação e para três dimmers analisados. Quando se reduz o iluminamento, percebe-se um aumento dos harmônicos, uma vez que a forma de onda de corrente fica cada vez mais distante de uma forma de onda senoidal.

Nº	Fabricante/tipo	Iluminamento em 75% THD (%)		Iluminamento em 25% THD (%)	
		THD (%)		THD (%)	
		V	I	V	I
1	Fabricante 1 – tipo rotativo	3,40	26,62	3,29	78,03
2	Fabricante 2 – tipo deslizante	3,87	37,86	4,10	16,72
3	Fabricante 2 – tipo rotativo	4,24	33,74	3,94	74,86

### Lâmpadas fluorescentes compactas (LFCs)

As fluorescentes compactas são lâmpadas com elevada eficiência luminosa, apesar de serem cargas não-lineares, com alta distorção de corrente, da ordem de 100%. A Tabela 3 traz o resultado de medições realizadas em sete amostras de LFCs e a Figura 1 mostra a forma de onda de corrente tipicamente encontrado nelas.

Nº	Fabricante/tipo	Potência (W)	THD (%)	
			V	I
1	Fabricante 1 – tipo 1	5	3,91	103,05
2	Fabricante 2 – tipo 1	11	4,11	89,58
3	Fabricante 3 – tipo 1	15	4,36	105,09
4	Fabricante 4 – tipo 1	15	4,21	111,21
5	Fabricante 5 – tipo 1	15	4,30	133,30
6	Fabricante 6 – tipo 1	18	4,40	126,94
7	Fabricante 5 – tipo 2	25	4,21	114,96

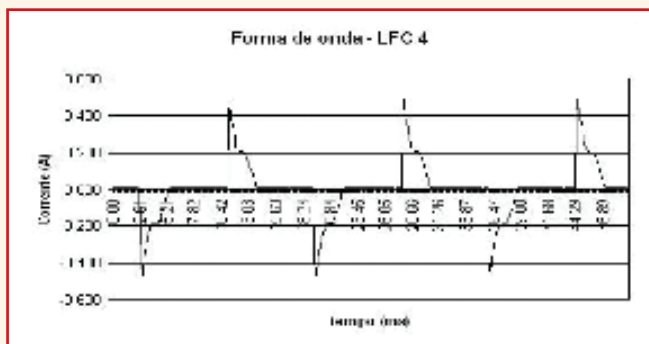


Figura 1 – Forma de onda de corrente típica de uma LFC

### Lâmpadas fluorescentes convencionais

As lâmpadas fluorescentes convencionais podem trabalhar tanto com reatores eletromagnéticos quanto com reatores eletrônicos. Estes últimos são mais econômicos, do ponto de vista energético, porém apresentam uma maior produção de harmônicos. As tabelas 4 e 5 trazem os THDs de tensão e corrente de medições realizadas em lâmpadas fluorescentes convencionais com reatores eletromagnéticos e eletrônicos, respectivamente.

Comparando as Tabelas 4 e 5, percebe-se que a produção de harmônicos em reatores eletrônicos é bem superior do que os reatores eletromagnéticos. Destaque para a última medição na Tabela 5, na qual o THD de corrente é baixo pois atende à portaria do Inmetro nº. 188, de 9 de novembro de 2004, que determina que reatores que alimentem lâmpadas fluorescentes convencionais, em que o conjunto reator-lâmpada tenha potência superior a 56 W, devem ser fabricados na versão com alto fator de potência.

TABELA 4 THDs DE LÂMPADAS FLUORESCENTES CONVENCIONAIS COM REATORES ELETROMAGNÉTICOS				
Nº	Fabricante/tipo	Lâmpadas	THD (%)	
			V	I
1	Fabricante 1 – tipo 1	1 x 20W	4,09	5,45
2	Fabricante 2 – tipo 1	1 x 40W	4,30	11,25
3	Fabricante 1 – tipo 2	1 x 40W	4,00	12,30
4	Fabricante 1 – tipo 3	1 x 40W	4,19	12,20
5	Fabricante 2 – tipo 2	2 x 20W	4,01	11,70

TABELA 5 THDs DE LÂMPADAS FLUORESCENTES CONVENCIONAIS COM REATORES ELETRÔNICOS				
Nº	Fabricante/tipo	Lâmpadas	THD (%)	
			V	I
1	Fabricante 1 – tipo 1	1 x 20W	4,16	4,16
2	Fabricante 1 – tipo 2	1 x 40W	4,31	4,31
3	Fabricante 2 – tipo 1	1 x 40W	4,23	4,23
4	Fabricante 2 – tipo 2	2 x 40W	4,37	4,37

Há uma diferença nos harmônicos das correntes apresentados nos dois reatores mencionados, destacando o alto índice de harmônicos no reator eletrônico. No caso do reator eletromagnético, o conteúdo harmônico acima do 11º harmônico já não é mais representativo ( $\leq 0,35\%$ ).

TABELA 6  
CONTEÚDO HARMÔNICO DE LÂMPADAS FLUORESCENTES CONVENCIONAIS COM REATORES ELETROMAGNÉTICOS E COM REATORES ELETRÔNICOS

Harmônicos	Reator eletromagnético		Reator eletrônico	
	$I_{rms} = 0,945 \text{ A}$ THD <sub>i</sub> = 12,20% Fator de crista = 1,05		$I_{rms} = 0,565 \text{ A}$ THD <sub>i</sub> = 103,88% Fator de crista = 1,76	
	Módulo (%)	Ângulo (graus)	Módulo (%)	Ângulo (graus)
1	100,00	-64,40	100,00	33,37
3	11,89	-51,00	65,98	-70,65
5	1,28	-94,18	42,40	-144,53
7	0,80	27,15	40,10	135,49
9	0,39	-24,25	28,29	47,01
11	0,35	-163,32	19,55	-21,39
13	-	-	15,32	-91,57
15	-	-	10,95	-149,73

### Lâmpadas de vapor de mercúrio, sódio e mista

Em sistemas de iluminação externos, industrial e pública, as lâmpadas mais utilizadas são as lâmpadas de vapor de mercúrio, vapor de sódio e vapor misto. A substituição de lâmpadas de vapor de mercúrio para lâmpadas de vapor de sódio foi uma das medidas indicadas pelo Procel, em seu programa de Gerenciamento pelo Lado da Demanda (GLD). As lâmpadas de vapor de sódio são mais eficientes, porém, como em outros casos, com um conteúdo harmônico maior que as outras duas lâmpadas mencionadas. A Tabela 7 apresenta os THDs destas lâmpadas e a Tabela 8 os seus conteúdos harmônicos.

TABELA 7 THDs DE LÂMPADAS DE VAPOR DE MERCÚRIO, SÓDIO E MISTA				
Nº	Lâmpada	Potência (W)	THD (%)	
			V	I
1	Mista	160	3,68	30,42
2	Vapor de mercúrio	80	4,41	38,04
3	Vapor de sódio	70	4,52	59,46

TABELA 8 CONTEÚDO HARMÔNICO DE LÂMPADAS DE VAPOR DE MERCÚRIO, SÓDIO E MISTA						
Harmônicos	Mista		Vapor de mercúrio		Vapor de sódio	
	$I_{rms} = 0,760 \text{ A}$ THD <sub>i</sub> = 30,42% Fator de crista = 1,31		$I_{rms} = 0,477 \text{ A}$ THD <sub>i</sub> = 38,04% Fator de crista = 1,65		$I_{rms} = 0,474 \text{ A}$ THD <sub>i</sub> = 59,46% Fator de crista = 1,83	
	Módulo (%)	Ângulo (graus)	Módulo (%)	Ângulo (graus)	Módulo (%)	Ângulo (graus)
1	100,00	-7,57	100,00	-7,97	100,00	-9,18
3	28,87	166,57	19,27	-43,84	29,72	-49,14
5	9,25	77,32	30,61	111,17	45,14	102,86
7	2,13	-50,34	3,64	3,57	7,16	-0,72
9	2,90	-140,00	1,15	4,21	1,47	-111,08
11	1,98	141,10	6,96	-93,97	7,79	-69,86
13	1,25	19,84	3,13	112,44	4,93	79,99
15	1,03	-101,87	0,40	31,11	1,23	-56,60

### Eletrônicos

Os aparelhos eletrônicos apresentam altos THDs de corrente. Isso se explica por sua forma de conversão CA-CC utilizada na fonte de alimentação: ponte de diodos com filtro capacitivo. Esta categoria de eletrodomésticos é a principal carga não-linear de consumidores residenciais e comerciais e, conseqüentemente, da rede de distribuição que os abastece. A Tabela 9 traz os aparelhos eletrônicos medidos com seus respectivos THDs. Os fabricantes estão numerados conforme o tipo de aparelho, ou seja, o fabricante 1 de televisão não é o mesmo fabricante 1 do aparelho de som e a Tabela 10 apresenta os harmônicos das formas de onda de corrente.

**TABELA 9**  
**THDs DE APARELHOS ELETRÔNICOS**

Nº	Aparelho/fabricante	THD (%)	
		V	I
<b>Computador</b>			
1	Athlon 1.8 GHz	3,81	89,27
2	Pentium 166 MHz – monitor 14"	4,07	98,47
3	Pentium 300 MHz – monitor 14"	3,10	98,10
4	Pentium 3 – 1 GHz – monitor 15"	3,66	114,32
5	Pentium 3 – 1 GHz – monitor 17"	3,75	94,06
6	Pentium 4 – 2,7 GHz – monitor 17"	3,78	119,96
7	Pentium 4 – 3 GHz – monitor 17"	5,28	94,42
<b>Televisão</b>			
1	Fabricante 1 - 14"	1,07	111,63
2	Fabricante 2 - 14"	3,03	95,96
3	Fabricante 3 - 14"	2,98	103,29
4	Fabricante 4 - 20"	2,90	103,00
5	Fabricante 5 - 20"	1,69	136,17
<b>Aparelho de som</b>			
1	Fabricante 1	2,40	43,20
2	Fabricante 2	1,27	61,18
3	Fabricante 3	3,29	42,80
4	Fabricante 4	4,50	35,97
<b>Impressora a laser</b>			
1	Fabricante 1	3,47	111,6
<b>Laptop</b>			
1	Pentium 4 – 3 GHz - 15"	3,04	10,00
<b>Rádio relógio</b>			
1	Fabricante 1	3,37	51,03
<b>Telefone sem fio</b>			
1	Fabricante 1	3,45	26,18
2	Fabricante 2	4,19	29,15
3	Fabricante 3	1,61	37,84
<b>Videocassete</b>			
1	Fabricante 1	3,28	135,23
2	Fabricante 2	3,45	56,28
<b>Videogame</b>			
1	Fabricante 1	3,30	45,30
2	Fabricante 2	4,01	56,92

**TABELA 10**

Harmônicos	Computador 7		Televisão 3		Aparelho de som 3	
	$I_{rms} = 1,408 \text{ A}$		$I_{rms} = 0,621 \text{ A}$		$I_{rms} = 0,127 \text{ A}$	
	THD <sub>i</sub> = 94,42%		THD <sub>i</sub> = 103,29%		THD <sub>i</sub> = 42,80%	
	Fator de crista = 2,15		Fator de crista = 1,67		Fator de crista = 1,89	
	Módulo (%)	Ângulo (graus)	Módulo (%)	Ângulo (graus)	Módulo (%)	Ângulo (graus)
1	100,00	2,46	100,00	2,49	100,00	-26,19
3	78,46	-174,73	82,29	175,41	37,40	-179,22
5	45,08	9,40	54,84	-7,64	17,31	-48,47
7	13,74	-161,18	25,15	173,21	6,04	-17,81
9	6,11	169,64	3,41	43,13	5,91	132,88
11	10,42	11,77	10,51	-33,28	1,97	-128,06
13	5,55	-154,47	11,82	146,07	2,59	-46,53
15	2,09	139,21	6,27	-42,45	0,98	76,64
17	4,50	7,39	0,84	-1,12	1,20	137,23
19	3,00	-160,01	0,38	61,72	0,67	-108,95
21	0,60	82,59	4,86	-53,31	0,69	-53,26
23	1,91	14,14	2,00	95,39	0,59	58,81
25	1,23	-151,58	1,68	154,01	0,44	137,31
27	0,57	153,49	3,31	-57,23	0,43	-119,81
29	1,55	28,31	2,74	102,59	0,35	-38,46
31	1,18	-134,33	0,89	-147,4	0,33	63,18

### Refrigeradores

Os refrigeradores são importantes eletrodomésticos que estão presentes na maioria dos lares brasileiros. Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), em 2003, 86,8% dos lares brasileiros

possuíam uma geladeira. Neste fascículo, os refrigeradores estão sendo chamados de geladeiras, freezers, frigobares e bebedouros, sendo estes dois últimos comuns em consumidores comerciais. A Tabela 11 apresenta as medições realizadas e a Figura 2 mostra a forma de onda de corrente típica deste grupo de eletrodomésticos.

Mais uma vez, os fabricantes são divididos por aparelho. Estas cargas não podem ser consideradas não-lineares, apesar da sua distorção de corrente, pois apresentam baixos THDs de corrente. A tensão na qual elas foram medidas não era estritamente senoidal. Segundo a definição de carga não-linear, para se caracterizar uma carga como não-linear, sua corrente deve ser diferente de uma senoide quando a carga é submetida a uma onda de tensão puramente senoidal. As formas de onda de corrente destes eletrodomésticos são muito semelhantes e lembram uma senoide.

**TABELA 11**  
**THDs DE APARELHOS REFRIGERADORES**

Nº	Aparelho/fabricante	THD (%)	
		V	I
<b>Geladeira</b>			
1	Fabricante 1 – tipo 1 (1 porta)	1,13	4,74
2	Fabricante 1 – tipo 2 (1 porta)	3,84	8,01
3	Fabricante 1 – tipo 3 (1 porta)	4,10	15,80
4	Fabricante 1 – tipo 4 (1 porta)	3,10	8,50
5	Fabricante 2 – tipo 1 (2 porta)	2,60	8,30
<b>Freezer</b>			
1	Fabricante 1	2,55	7,49
2	Fabricante 2	2,61	14,47
<b>Frigobar</b>			
1	Fabricante 1	1,28	7,20
<b>Bebedouro</b>			
1	Fabricante 1	3,96	4,19
2	Fabricante 2	1,25	7,99

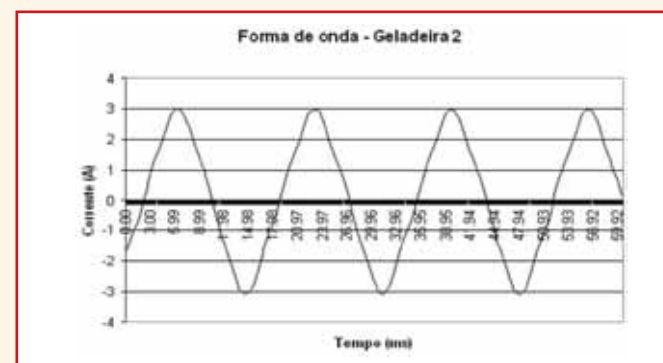


Figura 2 - Forma de onda de corrente típica de aparelhos refrigeradores.

Uma distorção típica nesta categoria de aparelhos é um THD de 8% (valor médio). Analisada a corrente eficaz da geladeira, durante um período de 15 horas, percebe-se que há um comportamento mais espaçado durante a madrugada, que se deve ao número reduzido ou nenhuma abertura da porta da geladeira, o que faz seu compressor ficar mais tempo desligado, além da baixa temperatura ambiente. Esta alternância é menos pronunciada no freezer, por trabalhar com temperaturas menores. Os bebedouros medidos não apresentam o controle mencionado, ou seja, tem-se compressor ligado a todo instante.

### Condicionadores de ar

Os aparelhos de ar-condicionado medidos foram do tipo janela, comuns tanto em ambientes residenciais quanto em consumidores comerciais. Eles contêm um controle de temperatura na qual desligam o seu compressor de resfriamento quando a temperatura ambiente chega a um certo nível. Além disso, os aparelhos medidos tinham vários níveis de resfriamento e um ou dois níveis de ventilação.

No modo de resfriamento, a distorção de corrente é maior que no modo de ventilação. Aqui vale a mesma observação feita para os refrigeradores: não há como classificá-los como não-lineares, pois as medições foram realizadas em ambientes com níveis de tensão distorcidos. A Tabela 12 mostra os THDs de tensão e corrente medidos para diversos condicionadores de ar, enquanto as Figuras 3 e 4 mostram a forma de onda de corrente nos modos resfriar e ventilar, respectivamente.

TABELA 12 THDs DE CONDICIONADORES DE AR						
Nº	Fabricante/tipo	BTU	Resfriar		Ventilar	
			V	I	V	I
1	Fabricante 1 – tipo 1	7500	3,20	12,70	3,40	5,40
2	Fabricante 2 – tipo 1	7500	1,21	11,26	1,37	1,89
3	Fabricante 2 – tipo 2	7500	1,60	13,08	1,59	5,21
4	Fabricante 2 – tipo 3	10500	3,90	12,20	-	-
5	Fabricante 2 – tipo 4	10500	3,10	15,40	-	-
6	Fabricante 2 – tipo 5	15000	3,80	16,30	3,50	4,90
7	Fabricante 2 – tipo 6	18000	1,54	10,65	1,63	2,07
8	Fabricante 1 – tipo 2	18000	0,85	15,38	0,76	6,05
9	Fabricante 1 – tipo 3	21000	1,15	17,31	1,10	7,87

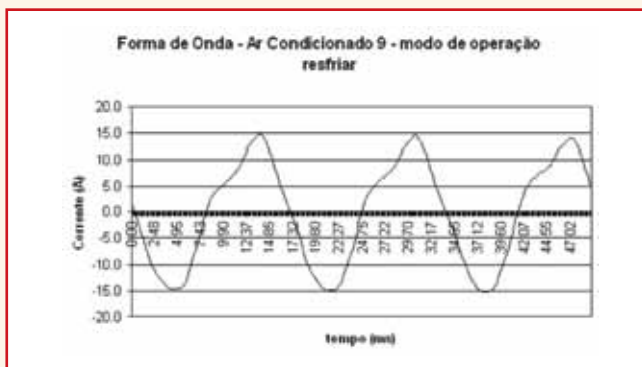


Figura 3 - Forma de onda de corrente de um condicionador de ar (modo resfriar).



Figura 4 - Forma de onda de corrente de um condicionador de ar (modo ventilar).

**TABELA 13**  
CONTEÚDO HARMÔNICO DO CONDICIONADOR DE AR NOS MODOS RESFRIAR E VENTILAR

Harmônicos	Resfriar		Ventilar	
	$I_{rms} = 9,856 \text{ A}$ THD <sub>i</sub> = 17,31%		$I_{rms} = 0,967 \text{ A}$ THD <sub>i</sub> = 7,87%	
	Fator de crista = 1,43		Fator de crista = 1,04	
	Módulo (%)	Ângulo (graus)	Módulo (%)	Ângulo (graus)
1	100,00	-2,38	100,00	15,80
2	12,50	125,33	0,14	51,20
3	12,00	104,03	7,50	116,20
5	1,61	-163,86	2,90	-147,02
7	0,73	138,83	0,82	-75,43
9	0,83	113,51	0,25	65,31

### Aquecimento

Normalmente, os eletrodomésticos, que envolvem algum aquecimento, têm esta funcionalidade associada a uma resistência que provoca este fenômeno. Assim, são aparelhos lineares sendo que a distorção da corrente acompanha a distorção de tensão. Uma exceção neste grupo seria o aparelho de micro-ondas. Sua distorção de corrente é facilmente explicada por não utilizar uma resistência, mas sim um propulsor de micro-ondas para aquecer os alimentos. O conteúdo harmônico desse equipamento de aquecimento é mostrado na Tabela 14, que tem como último harmônico o 11<sup>o</sup>, devido ao fato dos outros terem tido valores menores que 1%.

**TABELA 14**  
CONTEÚDO HARMÔNICO DE UM APARELHO DE MICRO-ONDAS

Harmônicos	$I_{rms} = 13,459 \text{ A}$ THD <sub>i</sub> = 29,24% Fator de crista = 1,64	
	Módulo (%)	Ângulo (graus)
1	100,00	-0,32
2	6,60	-97,20
3	27,14	-145,31
5	4,79	-47,26
7	4,84	-54,95
9	1,75	28,47
11	1,68	93,70

### Motores

Esta última categoria de eletrodomésticos, na qual se efetuaram medições, emprega algum motor para seu funcionamento. A distorção de corrente nesta categoria é geralmente baixa. A Tabela 15 traz os THDs dos vários eletrodomésticos medidos. Novamente, o fabricante 1 de um aparelho é diferente do fabricante 1 de outro aparelho.

### Conclusões

Neste capítulo, foram apresentadas as medições realizadas em diversos aparelhos eletrodomésticos presentes em consumidores residenciais e comerciais a fim de caracterizar a produção de correntes harmônicas de cada aparelho. Foi possível concluir que o grupo de iluminação possui elementos lineares e também produzem uma quantidade média de harmônicos (lâmpadas de descarga com reatores eletromagnéticos), com

**TABELA 15**  
THDs DE ELETRODOMÉSTICOS BASEADOS EM MOTORES

Nº	Aparelho/fabricante	THD (%)	
		V	I
<b>Aspirador de pó</b>			
1	Fabricante 1	4,07	22,68
<b>Batedeira</b>			
1	Fabricante 1	4,16	5,62
<b>Circulador de ar</b>			
1	Fabricante 1	2,80	3,80
<b>Enceradeira</b>			
1	Fabricante 1	3,11	11,26
<b>Espremedor de laranja</b>			
1	Fabricante 1	3,76	10,16
<b>Exaustor de fogão</b>			
1	Fabricante 1	3,32	7,8
<b>Liquidificador</b>			
1	Fabricante 1	3,40	13,51
	Fabricante 2	2,51	16,85
<b>Lavadora de roupas</b>			
1	Fabricante 1	2,63	5,56
2	Fabricante 2	3,26	17,06
<b>Tanquinho</b>			
1	Fabricante 1	1,75	8,98
<b>Ventilador de teto</b>			
1	Fabricante 1	4,20	4,21
<b>Ventilador pequeno</b>			
1	Fabricante 1	3,38	2,24
2	Fabricante 2	2,90	3,90
3	Fabricante 3	5,32	5,49

THD de corrente médio de 30%. Há também aqueles que produzem grande quantidade de harmônicos, como as LFCs e as lâmpadas fluorescentes com reatores eletrônicos, possuindo THDs de corrente da ordem de 100%.

Já o grupo de eletrônicos, devido ao processo de conversão CA-CC empregado em suas fontes de alimentação, irá apresentar em sua grande maioria uma grande produção de harmônicos, sobretudo os computadores e televisores, com THD médio de corrente de 100%. Enquanto isso, os refrigeradores, condicionadores de ar e motores não apresentam níveis substanciais de harmônicos, tendo um THD de corrente médio de 10%. Por fim, cargas de aquecimento, por serem lineares em sua grande maioria, irão apresentar correntes com espectro harmônico e distorção iguais aos verificados para a tensão, no instante de medição.

### Referências

- GONZALEZ, M. L.; PIRES, I. A. et al. *Correntes harmônicas em aparelhos eletrodomésticos. VI SBQEE – Seminário Brasileiro sobre Qualidade de Energia Elétrica, 21 a 24 de agosto de 2005, Belém – PA.*
- DUGAN, R. C. et al. *Electrical Power Systems Quality, second edition, McGraw-Hill.*
- ASTORGA, O. A. M. et al. *Um estudo da substituição das lâmpadas incandescentes por lâmpadas fluorescentes compactas em instalações elétricas residenciais e o compromisso entre conservação e qualidade de energia. XVI SNPTEE – Seminário Nacional de Produção e Transmissão de*

*Energia Elétrica, Brasil, 2001.*

FUJIWARA, J. K. et al. *Interferência causada pelo uso de fluorescentes compactas em residências. Eletricidade Moderna, p. 134-142, setembro 1998.*

DATTA, S. *Power Pollution Caused By Lighting Control Systems. IEEE Industry Applications Society Annual Meeting, 1991.*

LUZ, J. M.; FELBERBAUM, M. I. *Ensaio em reatores eletrônicos e o impacto na conservação de energia elétrica. III SBQEE – Seminário Brasileiro de Qualidade de Energia Elétrica, ST 8 – IT 61, 8-12 de agosto de 1999, Brasília – DF.*

- TOSTES, M. E. L. et al. *Impactos harmônicos em redes de distribuição de energia da iluminação pública. XV SENDI – Seminário Nacional de Distribuição de Energia Elétrica, Brasil, 2002.*

Site da Power Measurement. Disponível em: <<http://www.pwrm.com>>. Acesso em: 30 nov. 2005.

SADEK, M.H. et al. *Impact of Using Compact Fluorescent Lamps on Power Quality IEEE ICEEC'04, p. 941-946, 2004.*

GLUSKIN, E. *High Harmonic Currents in Fluorescent Lamp Circuits. IEEE Transactions on Industry Applications, v. 26, n. 2, abril 1990.*

KALINOWSKY, S. A.; MARTELLO, J. J. *Electrical and Illumination Characteristics of Energy-Saving Fluorescent Lighting as a Function of Potencial. IEEE Transactions on Industry*

*Applications, v. 25, n. 2, abril 1989.*

BRONZEADO, H. S. et al. *Conservação e qualidade de energia elétrica: análise comparativa entre os “reatores” eletrônicos e eletromagnéticos usados em sistemas de iluminação fluorescente. III SBQEE – Seminário Brasileiro de Qualidade de Energia Elétrica, ST 8 – IT 62, 8-12 de agosto de 1999, Brasília – DF.*

RÍOS, S. et al. *Harmonic Distortion and Power Factor Assessment in City Street Gas Discharge Lamps. IEEE Transactions on Power Delivery, v. 11, n. 2, abril 1996.*

Portaria INMETRO n. 188 de 9 de novembro de 2004. Disponível em: <[http://www.inmetro.gov.br/rtac/detalhe.asp?seq\\_classe=1&seq\\_ato=920](http://www.inmetro.gov.br/rtac/detalhe.asp?seq_classe=1&seq_ato=920)>.

IBGE – Brasil em síntese – Habitação – Domicílios com bens duráveis 2001 a

2003. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>.

---

**\*IGOR AMARIZ PIRES é engenheiro eletricista, mestre e doutorando em engenharia elétrica pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), com ênfase em qualidade da energia elétrica.**

**CONTINUA NA PRÓXIMA EDIÇÃO**

**Confira todos os artigos deste fascículo em [www.osetoreletrico.com.br](http://www.osetoreletrico.com.br)  
Dúvidas, sugestões e comentários podem ser encaminhados para o e-mail  
[redacao@atitudeeditorial.com.br](mailto:redacao@atitudeeditorial.com.br)**