

Capítulo XI

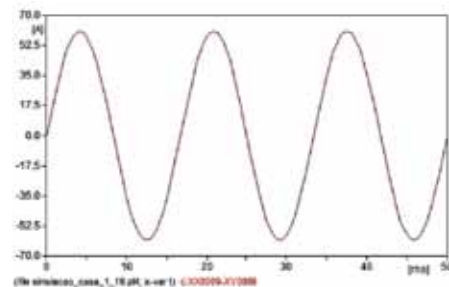
Formas de onda e espectro harmônico das simulações de cenários residenciais e comerciais

Igor Amariz Pires*

Este capítulo, originalmente um apêndice do presente trabalho, destina-se a apresentar as formas de onda e espectro harmônico das simulações de cenários residenciais e comerciais. Essas simulações executadas e descritas na Tabela 1 do Capítulo IX já foram comentadas anteriormente e agora serão apresentadas com todos os resultados das simulações, desde as formas de onda a seus conteúdos harmônicos.

Cenário 1

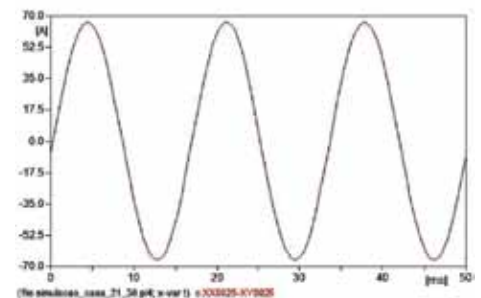
Chuveiro (4400 W) com ambiente iluminado por fluorescente com reator eletromagnético de 1x40 W, secador de cabelo (1000 W) com ambiente iluminado por LFC de 25 W.



Cenário 1		
Harmônico	Mod. (%)	Ang. (graus)
	$I_{rms} = 42,49$	
	THD _v = 0,58	
	F. crista = 1,41	
1	100,00	-0,49
3	0,33	-81,97
5	0,15	159,15

Cenário 2

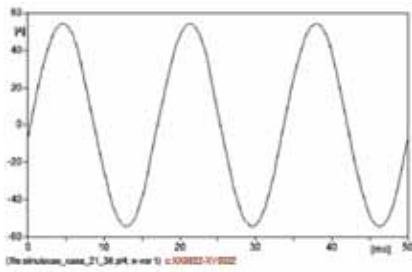
Chuveiro com lâmpada fluorescente com reator eletrônico 1x40 W, freezer, geladeira, aparelho de som e secador de cabelos com LFC 25 W.



Cenário 2		
Harmônico	Mod. (%)	Ang. (graus)
	$I_{rms} = 47,06$	
	THD _v = 0,45	
	F. crista = 1,41	
1	100,00	-6,37
3	0,15	11,25
5	0,41	134,30

Cenário 3

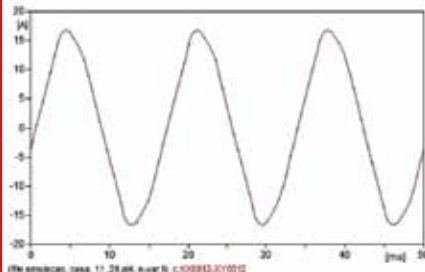
Chuveiro, freezer e geladeira.



Cenário 3		
Harmônico		
$I_{rms} = 38,53$		
$THD_i = 1,18$		
F. crista = 1,42		
	Mod. (%)	Ang. (graus)
1	100,00	-8,10
3	1,12	57,40
5	0,41	102,61

Cenário 4

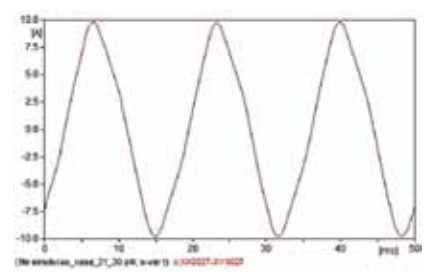
Ferro de passar (1000 W), tanquinho, geladeira e televisão.



Cenário 4		
Harmônico		
$I_{rms} = 11,38$		
$THD_i = 4,86$		
F. crista = 1,47		
	Mod. (%)	Ang. (graus)
1	100,00	-14,13
3	3,90	158,74
5	2,64	32,97
7	0,83	-158,45

Cenário 5

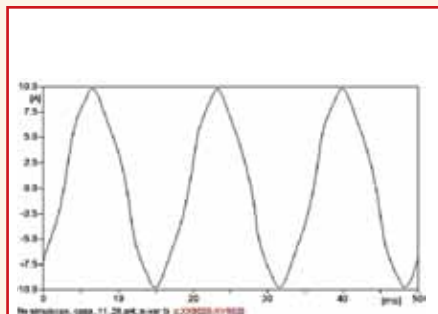
Telefone sem fio, geladeira e freezer.



Cenário 5		
Harmônico		
$I_{rms} = 6,48$		
$THD_i = 7,00$		
F. crista = 1,51		
	Mod. (%)	Ang. (graus)
1	100,00	-57,39
3	6,57	57,95
5	2,39	102,65
7	0,22	-30,91

Cenário 6

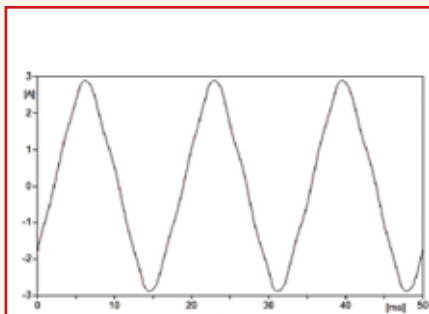
Freezer, geladeira e televisão.



Cenário 6		
Harmônico	Mod. (%)	Ang. (graus)
$I_{rms} = 6,70$ $THD_i = 7,14$ $F. \text{crista} = 1,37$		
1	100,00	-54,18
3	5,53	111,07
5	4,04	42,09
7	1,53	-157,32

Cenário 7

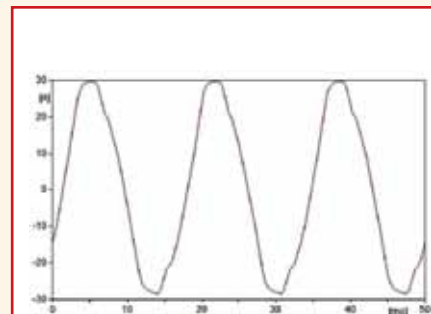
Telefone sem fio e geladeira.



Cenário 7		
Harmônico	Mod. (%)	Ang. (graus)
$I_{rms} = 1,89$ $THD_i = 7,29$ $F. \text{crista} = 1,53$		
1	100,00	-45,55
3	6,35	49,84
5	3,36	110,96
7	1,11	5,18

Cenário 8

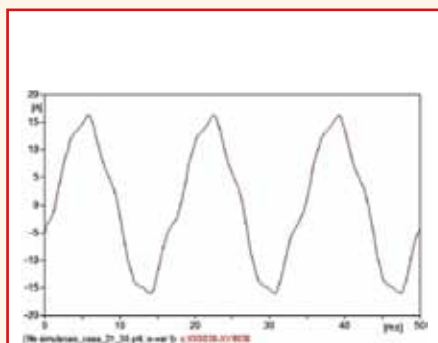
Freezer, geladeira, micro-ondas e lavadora de roupas.



Cenário 8		
Harmônico	Mod. (%)	Ang. (graus)
$I_{rms} = 20,84$ $THD_i = 8,24$ $F. \text{crista} = 1,43$		
1	100,00	-26,11
2	3,15	-97,09
3	7,06	-159,35
5	1,02	115,86
7	2,33	-61,41

Cenário 9

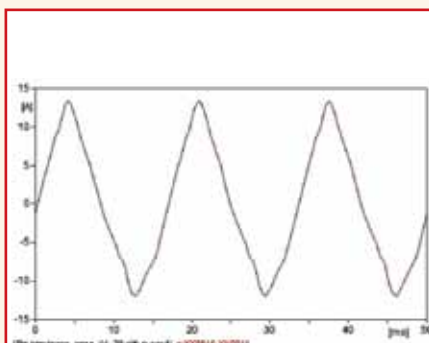
Ar condicionado 10500 BTU, televisão e vídeo-cassete com LFC de 25 W, geladeira.



Cenário 9		
Harmônico	Mod. (%)	Ang. (graus)
$I_{rms} = 10,74$ $THD_i = 11,60$ $F. \text{crista} = 1,52$		
1	100,00	-23,49
2	5,12	118,17
3	6,85	152,08
5	7,62	142,95
7	1,00	-102,86

Cenário 10

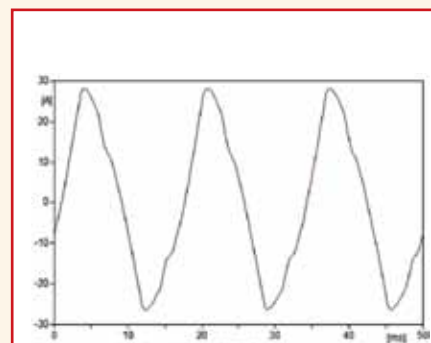
Ar condicionado, televisão e LFC de 25 W.



Cenário 10		
Harmônico	Mod. (%)	Ang. (graus)
$I_{rms} = 7,686$ $THD_i = 12,55$ $F. \text{crista} = 1,72$		
1	100,00	-4,75
2	8,56	-51,16
3	7,36	168,00
5	4,76	0,51
7	2,35	149,73

Cenário 11

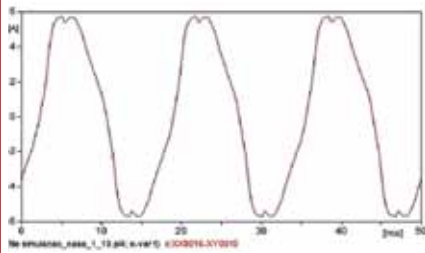
Lavadora de roupas, liquidificador, micro-ondas e televisão.



Cenário 11		
Harmônico	Mod. (%)	Ang. (graus)
$I_{rms} = 17,83$ $THD_i = 13,06$ $F. \text{crista} = 1,57$		
1	100,00	-13,72
2	3,70	-97,09
3	12,08	-162,05
5	0,85	23,17
7	2,68	-75,93
9	1,16	45,28

Cenário 12

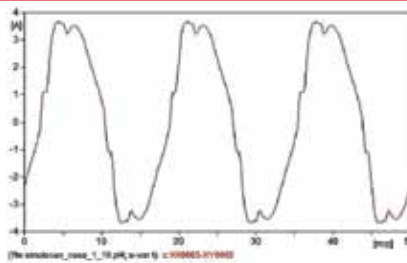
Tanquinho, compressor da geladeira ligado e televisão.



Cenário 12		
Harmônico		
$I_{rms} = 4,233$		
$THD_i = 13,18$		
F. crista = 1,57		
	Mod. (%)	Ang. (graus)
1	100,00	-41,52
2	10,61	158,75
3	7,17	32,99
5	2,26	-158,47

Cenário 13

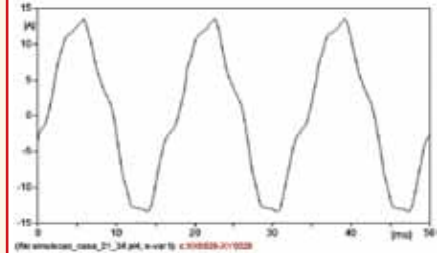
Televisão, em ambiente iluminado por LFC de 25 W, compressor da geladeira ligado e cozinha utilizando iluminação fluorescente de reator eletromagnético 1x40 W.



Cenário 13		
Harmônico		
$I_{rms} = 2,729$		
$THD_i = 13,51$		
F. crista = 1,55		
	Mod. (%)	Ang. (graus)
1	100,00	-38,84
3	10,00	-166,13
5	6,94	36,95
7	2,67	160,34
9	2,21	15,20
11	2,39	-84,23
13	2,91	145,53
15	1,77	12,19
17	1,36	-73,04
19	1,45	169,27

Cenário 14

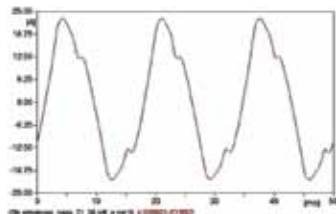
Ar condicionado 10500 BTU, televisão e vídeo-cassete com LFC de 25 W.



Cenário 14		
Harmônico		
$I_{rms} = 9,05$		
$THD_i = 13,66$		
F. crista = 1,52		
	Mod. (%)	Ang. (graus)
1	100,00	-18,98
2	6,09	118,17
3	8,58	161,18
5	8,44	145,65
7	1,28	-111,82
9	1,06	19,15

Cenário 15

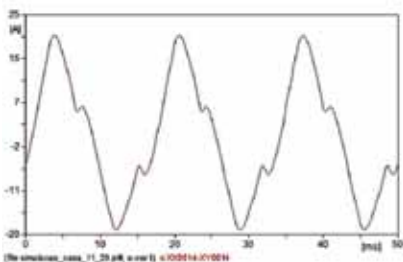
Freezer, geladeira e micro-ondas.



Cenário 15		
Harmônico		
$I_{rms} = 14,91$		
$THD_i = 16,88$		
$F. \text{crista} = 1,52$		
	Mod. (%)	Ang. (graus)
1	100,00	-22,43
2	4,45	-97,11
3	15,65	-149,08
5	2,36	-34,17
7	3,35	-54,32
9	1,14	28,53
11	1,11	99,25

Cenário 18

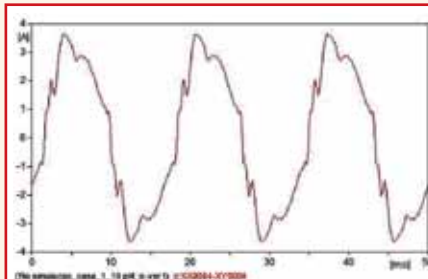
Micro-ondas com iluminação fluorescente de reator eletrônico 1x40 W e compressor da geladeira ligado.



Cenário 18		
Harmônico		
$I_{rms} = 12,06$		
$THD_i = 23,69$		
$F. \text{crista} = 1,72$		
	Mod. (%)	Ang. (graus)
1	100,00	-6,65
2	5,57	-97,12
3	22,36	-141,77
5	3,48	-60,21
7	3,24	-55,31
9	2,18	35,44
11	1,24	76,37

Cenário 16

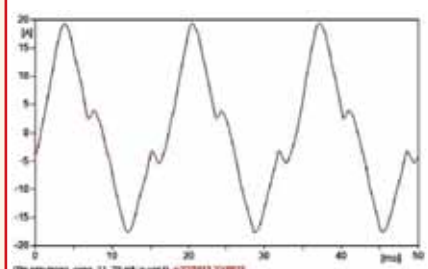
Televisão, com o ambiente iluminado por LFC de 25 W, compressor da geladeira ligado e alguém jantando na cozinha utilizando iluminação fluorescente de reator eletrônico 1x40 W.



Cenário 16		
Harmônico		
$I_{rms} = 2,420$		
$THD_i = 17,52$		
$F. \text{crista} = 1,49$		
	Mod. (%)	Ang. (graus)
1	100,00	-27,81
3	12,95	-140,38
5	3,16	37,20
7	7,39	146,25
9	5,52	34,04
11	4,24	-55,09
13	2,76	178,75
15	0,89	-14,35
17	1,06	-123,19
19	2,20	135,12
21	2,08	22,36
23	1,56	-47,57
25	1,58	-138,24

Cenário 19

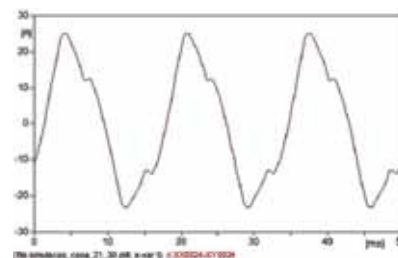
Micro-ondas com iluminação fluorescente de reator eletrônico 1x40 W.



Cenário 19		
Harmônico		
$I_{rms} = 10,75$		
$THD_i = 28,07$		
$F. \text{crista} = 1,80$		
	Mod. (%)	Ang. (graus)
1	100,00	-0,12
2	6,32	-97,13
3	26,54	-141,30
5	4,59	-61,46
7	3,59	-57,94
9	2,41	34,26
11	1,47	74,81

Cenário 17

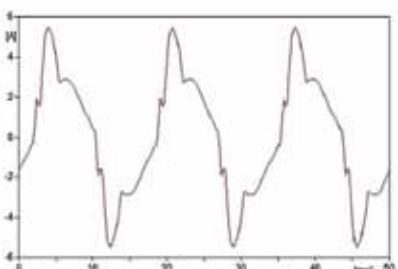
Freezer, geladeira, micro-ondas e fluorescente de reator eletrônico 2 (1x40 W) e televisão com LFC 25 W.



Cenário 17		
Harmônico		
$I_{rms} = 15,63$		
$THD_i = 18,74$		
$F. \text{crista} = 1,60$		
	Mod. (%)	Ang. (graus)
1	100,00	-20,52
2	4,26	-97,10
3	17,75	-147,29
5	2,78	-29,75
7	2,13	-68,23
9	1,90	29,85

Cenário 20

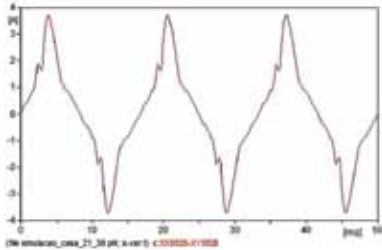
Computador, em ambiente iluminado por LFC de 25 W e televisão, com mais um ambiente iluminado por LFC de 25 W e compressor da geladeira ligado.



Cenário 20		
Harmônico		
$I_{rms} = 2,993$		
$THD_i = 33,07$		
$F. \text{crista} = 1,82$		
	Mod. (%)	Ang. (graus)
1	100,00	-24,76
3	27,62	-165,27
5	15,27	30,51
7	5,11	176,24
9	2,68	11,68
11	3,38	-66,10
13	5,00	155,92
15	3,09	21,29
17	2,40	-58,58
19	2,78	-177,96
21	1,20	56,60

Cenário 21

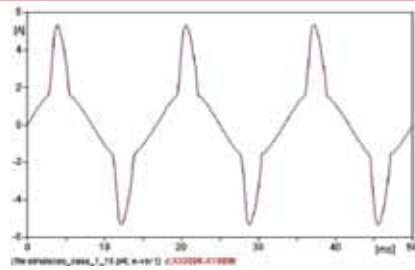
Ventilador de teto, televisão e vídeo-cassete com LFC de 25 W.



Cenário 21		
Harmônico	$I_{rms} = 1,780$	
	THD _i = 35,86	
F. crista = 2,08		
	Mod. (%)	Ang. (graus)
1	100,00	2,96
3	30,07	-163,33
5	15,76	18,89
7	7,36	-172,19
9	4,08	28,88
11	4,38	-71,31
13	3,69	149,02
15	3,64	14,12
17	2,43	-81,49
19	2,46	166,59
21	1,25	31,24

Cenário 22

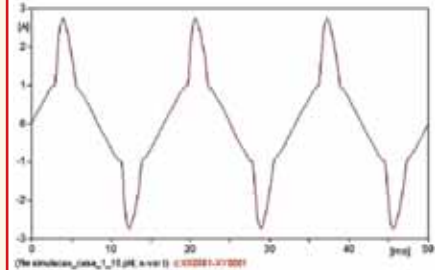
Computador, com ambiente iluminado por lâmpada incandescente de 60 W e televisão, com ambiente iluminado por lâmpada incandescente de 100 W.



Cenário 22		
Harmônico	$I_{rms} = 2,501$	
	THD _i = 43,90	
F. crista = 2,14		
	Mod. (%)	Ang. (graus)
1	100,00	0,74
3	35,44	-173,42
5	22,75	12,12
7	9,67	-154,85
9	3,13	100,58
11	4,99	-16,55
13	4,02	177,16
15	1,28	10,78
17	1,07	-29,65
19	1,82	168,94
21	1,09	-14,76

Cenário 23

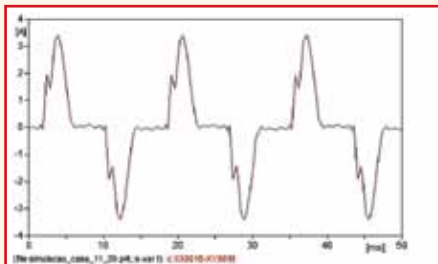
Televisão em ambiente iluminado por lâmpada incandescente de 100 W.



Cenário 23		
Harmônico	$I_{rms} = 1,319$	
	THD _i = 49,67	
F. crista = 2,12		
	Mod. (%)	Ang. (graus)
1	100,00	0,83
3	39,58	-177,18
5	25,75	6,54
7	11,91	-162,46
9	4,46	75,28
11	6,07	-35,91
13	5,30	159,29
15	2,23	-8,68
17	1,38	-73,44
19	2,54	146,94
21	1,92	-26,15

Cenário 24

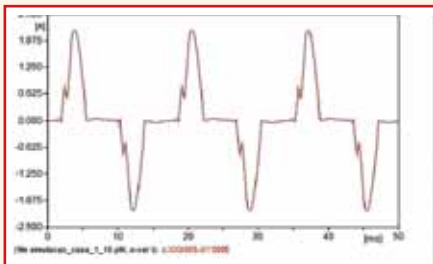
Televisão e vídeo-cassete com LFC de 25 W e aparelho de som com LFC de 25 W.



Cenário 24		
Harmônico		
$I_{rms} = 1,484$		
$THD_i = 71,12$		
F. crista = 2,29		
	Mod. (%)	Ang. (graus)
1	100,00	6,71
3	64,51	-155,64
5	23,34	29,48
7	6,86	150,94
9	6,80	-9,30
11	8,16	-95,71
13	7,75	135,07
15	7,40	18,81
17	5,70	-79,25
19	5,02	175,37
21	2,87	63,85
23	1,71	-3,69
25	1,28	-99,24
27	1,09	-141,94
29	1,71	116,23
31	1,56	13,25

Cenário 25

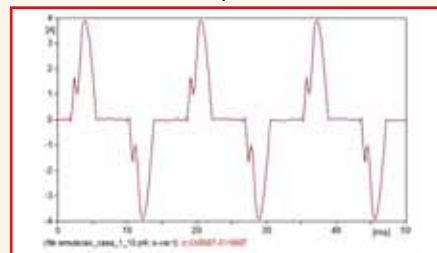
Computador, com ambiente iluminado por LFC de 25 W.



Cenário 25		
Harmônico		
$I_{rms} = 0,906$		
$THD_i = 79,95$		
F. crista = 2,32		
	Mod. (%)	Ang. (graus)
1	100,00	6,05
3	69,59	-159,15
5	34,33	26,01
7	11,07	-172,23
9	2,68	-2,21
11	5,69	-37,89
13	9,37	167,75
15	5,83	31,87
17	4,77	-42,75
19	5,89	-165,93
21	2,78	73,30
23	2,75	15,30
25	2,70	-113,42
27	0,66	164,88
29	1,80	92,60
31	0,90	-42,38

Cenário 26

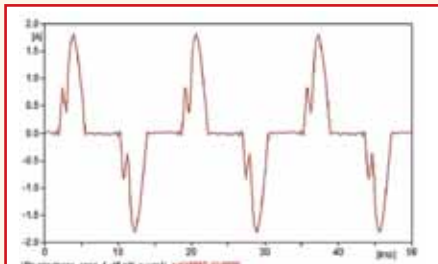
Computador, com ambiente iluminado por LFC de 25 W e televisão, com ambiente iluminado por LFC de 25 W.



Cenário 26		
Harmônico		
$I_{rms} = 1,646$		
$THD_i = 80,19$		
F. crista = 2,38		
	Mod. (%)	Ang. (graus)
1	100,00	6,54
3	69,39	-160,77
5	33,32	21,61
7	12,75	177,61
9	5,30	5,79
11	7,30	-61,64
13	11,01	155,75
15	6,84	21,29
17	5,30	-58,57
19	6,16	-177,96
21	2,66	56,60
23	2,35	12,93
25	2,01	-120,21
27	0,68	-134,26
29	1,95	102,80
31	1,11	-13,36

Cenário 27

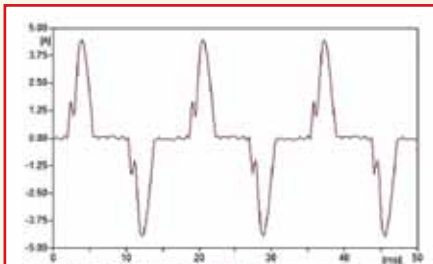
Televisão, com o ambiente iluminado por LFC de 25 W.



Cenário 27		
Harmônico		
$I_{rms} = 0,744$		
$THD_i = 81,36$		
F. crista = 2,45		
	Mod. (%)	Ang. (graus)
1	100,00	7,14
3	69,21	-162,78
5	32,35	15,88
7	15,22	168,55
9	9,29	8,62
11	10,25	-77,59
13	13,48	145,53
15	8,31	12,19
17	6,37	-73,06
19	6,81	169,27
21	2,83	36,33
23	1,87	8,63
25	1,24	-138,60
27	1,32	-102,05
29	2,21	113,00
31	1,59	6,40

Cenário 28

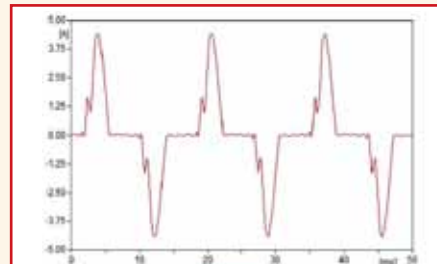
Televisão e vídeo-cassete com LFC de 25 W e computador com LFC de 25 W, telefone sem fio



Cenário 28		
Harmônico		
$I_{rms} = 1,843$		
$THD_i = 81,97$		
F. crista = 2,43		
	Mod. (%)	Ang. (graus)
1	100,00	5,94
3	70,38	-161,24
5	35,60	21,89
7	14,06	-171,91
9	6,02	22,74
11	7,65	-59,90
13	8,87	159,00
15	7,11	21,25
17	4,94	-64,06
19	5,66	-179,62
21	2,67	51,57
23	1,83	7,66
25	1,61	-121,57
27	0,59	-125,06
29	1,70	109,12
31	1,08	-3,41

Cenário 29

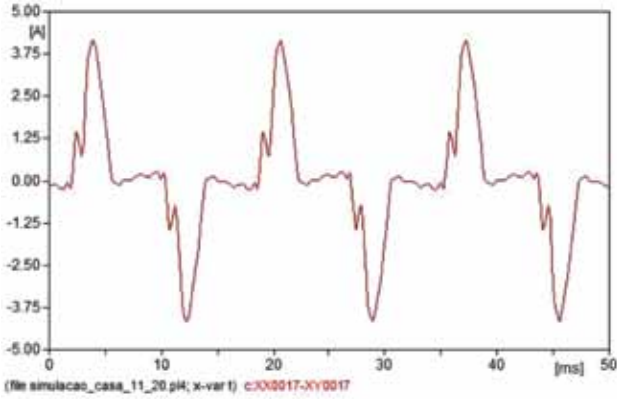
Televisão e vídeo-cassete com LFC de 25 W e computador com LFC de 25 W.



Cenário 29		
Harmônico		
$I_{rms} = 0,744$		
$THD_i = 81,36$		
F. crista = 2,45		
	Mod. (%)	Ang. (graus)
1	100,00	7,14
3	69,21	-162,78
5	32,35	15,88
7	15,22	168,55
9	9,29	8,62
11	10,25	-77,59
13	13,48	145,53
15	8,31	12,19
17	6,37	-73,06
19	6,81	169,27
21	2,83	36,33
23	1,87	8,63
25	1,24	-138,60
27	1,32	-102,05
29	2,21	113,00
31	1,59	6,40

Cenário 30

Televisão e vídeo-cassete com LFC de 25 W, televisão e vídeo-game com LFC de 25 W.



Cenário 30		
	$I_{rms} = 1,656$	
	THD _v = 91,38	
	F. crista = 2,51	
Harmônico	Mod. (%)	Ang. (graus)
1	100,00	3,05
3	78,42	-162,47
5	37,99	16,98
7	16,10	179,84
9	8,98	21,91
11	10,90	-74,20
13	11,02	145,46
15	8,66	13,91
17	6,37	-79,05
19	6,37	167,48
21	3,04	34,54
23	1,55	-1,67
25	0,92	-139,32
27	1,23	-95,74
29	2,08	120,86
31	1,65	10,63

*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
 Dúvidas, sugestões e comentários podem ser encaminhados para o e-mail redacao@atitudeeditorial.com.br