

# INFLUÊNCIA DA TENSÃO NAS LÂMPADAS INCANDESCENTES

**FELDMAN, Daniel C. (1); GONÇALVES, Aldo C. M. (2)**

(1) Eng. Eletrotécnico, mestrando em Arquitetura, Rua Montevideu, 1239/306, Penha  
Rio de Janeiro, RJ. E-mail: casarao@easyline.com.br

(2) Físico, Docteur d'État, professor do ProArq/ FAU/UFRJ, Ilha do Fundão, Cidade  
Universitária, CEP 21941-590, Rio de Janeiro, RJ. E-mail: aldo@easynet.com.br

## RESUMO

Utilizando expressões empíricas para lâmpadas incandescentes, relacionando tensão de operação, fluxo luminoso, energia consumida e temperatura de filamento, calcula-se os valores de ganho ou perda, sob o ponto de vista do consumidor. O cálculo foi desenvolvido por meio de planilhas eletrônicas do Excel para os valores de tensão nominal de 120 volts e 127 volts. Os resultados obtidos indicam que as lâmpadas fabricadas para a tensão de 127 volts são bem mais favoráveis ao consumidor.

## ABSTRACT

Employing empirical relationships between voltage, luminous flux, dissipated energy and filament temperature for incandescent lamps it is possible to calculate the profits and losses with regard to the consumer. The calculus was developed by means of the Excel software for two values of voltage: 120 and 127 volts. The results affirms that the lamps built to operate with 127 volts are more advantageous than 120 volts to consumers.

## 1. INTRODUÇÃO

O presente trabalho tem como objetivo esclarecer a discussão entre consumidores e fabricantes de lâmpadas no que diz respeito a fabricação de lâmpadas incandescentes na tensão de 120 Volts, ao invés de 127 Volts. Procura-se responder à seguinte questão: quem sai lucrando?

Não há dúvida alguma quanto à afirmação de que quando sobrevoltamos uma lâmpada incandescente, sua eficiência, sua potência absorvida, seu fluxo luminoso, e a corrente elétrica crescem, ao passo que sua vida útil se reduz. Isso é esperado, visto que, ao sobrevoltarmos uma lâmpada, aumenta-se a temperatura do seu filamento.

## 2. CÁLCULOS

Os cálculos foram desenvolvidos utilizando-se expressões empíricas para lâmpadas em atmosfera de gás inerte:

$$\text{Fluxo luminoso produzido,} \quad \frac{\phi}{\phi_0} = \left( \frac{V}{V_0} \right)^{3,38};$$

$$\text{Potência elétrica absorvida,} \quad \frac{P}{P_0} = \left( \frac{V}{V_0} \right)^{1,54};$$

$$\text{Temperatura de Trabalho do filamento,} \quad \frac{T}{T_0} = \left( \frac{V}{V_0} \right)^{0,424};$$

$$\text{Vida da Lâmpada,} \quad \frac{L}{L_0} = \left( \frac{V}{V_0} \right)^{-13,1}.$$

Onde:

$V_0$  - Tensão nominal para qual foi projetada a lâmpada. Dados obtidos nos catálogos dos fabricantes, em Volts (V).

$\phi_0; P_0; L_0$  - Fluxo luminoso, Potência consumida e vida da lâmpada para funcionamento sob tensão nominal  $V_0$ .

$V$  - Tensão de operação da lâmpada. Essa tensão encontrada no ponto de luz pode ser igual, maior ou menor do que a tensão nominal  $V_0$ .

$\phi; P; L$  - Fluxo luminoso, Potência consumida e vida da lâmpada para funcionamento sob tensão  $V$ .

A partir das fórmulas acima foram desenvolvidas planilhas com o aplicativo Excel que calculam os valores finais de ganho/perda em Reais do ponto de vista do consumidor. Os resultados do cálculo estão nas Tabelas de nºs 1 a 4 apresentadas a seguir.

Os cálculos foram realizados para dois valores da tensão nominal  $V_0$  para a qual foi projetada a lâmpada, sendo os dados obtidos nos catálogos dos fabricantes, em Volts (V). Na Tabela 1 estão os resultados para  $V_0 = 120$  V e na Tabela 2, para  $V_0 = 127$ V.

Os valores dos parâmetros  $\phi_0$ ,  $P_0$  e  $L_0$  são constantes em ambos os casos, e fixados respectivamente em:  $\phi_0 = 1500$  lm,  $P_0 = 100$  W e  $L_0 = 1000$  hs, para operação sob condições nominais de tensão.

Nas Tabelas 1 e 2 são apresentados:

- a tensão de operação (V) da lâmpada na coluna 1. Essa tensão encontrada no ponto de luz pode ser igual, maior ou menor do que a tensão nominal  $V_0$ . Note que a tensão V está compreendida na faixa:  $114 \leq V \leq 140 \text{Volts}$ .
- a razão entre a tensão de operação e a tensão nominal da lâmpada ( $V/V_0$ ) na coluna 2. Essa razão aparece nos cálculos de fluxo luminoso, potência consumida e vida da lâmpada.

Tabela 1 – Tensão  $V_0 = 120 \text{ Volts}$

V (Volts)	$V/V_0$	%V	$\phi$ (lm)	% $\phi$	P (W)	%P	L (hs)	%L
114	0,950	(5,0)	1.261	(15,9)	92,4	(7,6)	1.958	95,8
115	0,958	(4,2)	1.299	(13,4)	93,7	(6,3)	1.746	74,6
116	0,967	(3,3)	1.338	(10,8)	94,9	(5,1)	1.559	55,9
117	0,975	(2,5)	1.377	(8,2)	96,2	(3,8)	1.393	39,3
118	0,983	(1,7)	1.417	(5,5)	97,4	(2,6)	1.246	24,6
119	0,992	(0,8)	1.458	(2,8)	98,7	(1,3)	1.116	11,6
<b>120</b>	<b>1,000</b>	-	<b>1.500</b>	-	<b>100,0</b>	-	<b>1.000</b>	-
121	1,008	0,8	1.543	2,8	101,3	1,3	897	(10,3)
122	1,017	1,7	1.586	5,7	102,6	2,6	805	(19,5)
123	1,025	2,5	1.631	8,7	103,9	3,9	724	(27,6)
124	1,033	3,3	1.676	11,7	105,2	5,2	651	(34,9)
125	1,042	4,2	1.722	14,8	106,5	6,5	586	(41,4)
126	1,050	5,0	1.769	17,9	107,8	7,8	528	(47,2)
<b>127</b>	<b>1,058</b>	<b>5,8</b>	<b>1.817</b>	<b>21,1</b>	<b>109,1</b>	<b>9,1</b>	<b>476</b>	<b>(52,4)</b>
128	1,067	6,7	1.866	24,4	110,4	10,4	429	(57,1)
129	1,075	7,5	1.915	27,7	111,8	11,8	388	(61,2)
130	1,083	8,3	1.966	31,1	113,1	13,1	350	(65,0)
131	1,092	9,2	2.018	34,5	114,5	14,5	317	(68,3)
132	1,100	10,0	2.070	38,0	115,8	15,8	287	(71,3)
133	1,108	10,8	2.124	41,6	117,2	17,2	260	(74,0)
134	1,117	11,7	2.178	45,2	118,5	18,5	236	(76,4)
135	1,125	12,5	2.234	48,9	119,9	19,9	214	(78,6)
136	1,133	13,3	2.290	52,7	121,3	21,3	194	(80,6)
137	1,142	14,2	2.347	56,5	122,6	22,6	176	(82,4)
138	1,150	15,0	2.406	60,4	124,0	24,0	160	(84,0)
139	1,158	15,8	2.465	64,3	125,4	25,4	146	(85,4)
140	1,167	16,7	2.526	68,4	126,8	26,8	133	(86,7)

- na coluna 3 o símbolo %V indica os valores percentuais da relação entre tensão de operação e tensão nominal. Se  $V_0 = 120 \text{ V} \Rightarrow$  % varia desde um decréscimo da tensão em 5% (114V) até um acréscimo de 16,7% (140V). Se  $V_0 = 127 \text{ V} \Rightarrow$  % varia desde um decréscimo da tensão em 10,2% (114V) até um acréscimo de 10,2% (140V).
- o fluxo luminoso ( $\phi$ ), em lumens, para operação sob condições de tensão entre 114 e 140 Volts, na coluna 4.

- na coluna 5 o símbolo  $\% \phi$  indica os valores percentuais da relação entre os fluxos luminosos  $\phi$  e  $\phi_0$ , respectivamente sob tensão de operação e sob tensão nominal.
- a potência (P), em Watts, para operação sob condições de tensão entre 114 e 140 Volts, na coluna 6.
- na coluna 7 o símbolo  $\%P$  indica os valores percentuais da relação entre as potências P e  $P_0$ , respectivamente sob tensão de operação e sob tensão nominal.
- a vida da lâmpada (L), em horas, para operação sob condições de tensão entre 114 e 140 Volts, na coluna 8.
- na coluna 9 o símbolo  $\%L$  - Indica valores percentuais da relação entre as vidas, sob tensão de operação e tensão nominal.

Tabela 2 – Tensão  $V_0 = 127$  Volts

V (Volts)	V/ $V_0$	$\%V$	$\phi$ (lm)	$\% \phi$	P (W)	$\%P$	L (hs)	$\%L$
114	0,898	(10,2)	1.041	(30,6)	84,7	(15,3)	4.115	311,5
115	0,906	(9,4)	1.072	(28,5)	85,8	(14,2)	3.670	267,0
116	0,913	(8,7)	1.104	(26,4)	87,0	(13,0)	3.277	227,7
117	0,921	(7,9)	1.137	(24,2)	88,1	(11,9)	2.928	192,8
118	0,929	(7,1)	1.170	(22,0)	89,3	(10,7)	2.619	161,9
119	0,937	(6,3)	1.204	(19,7)	90,5	(9,5)	2.345	134,5
<b>120</b>	<b>0,945</b>	<b>(5,5)</b>	<b>1.238</b>	<b>(17,4)</b>	<b>91,6</b>	<b>(8,4)</b>	<b>2.102</b>	<b>110,2</b>
121	0,953	(4,7)	1.274	(15,1)	92,8	(7,2)	1.885	88,5
122	0,961	(3,9)	1.310	(12,7)	94,0	(6,0)	1.692	69,2
123	0,969	(3,1)	1.346	(10,3)	95,2	(4,8)	1.521	52,1
124	0,976	(2,4)	1.384	(7,8)	96,4	(3,6)	1.368	36,8
125	0,984	(1,6)	1.422	(5,2)	97,6	(2,4)	1.231	23,1
126	0,992	(0,8)	1.460	(2,6)	98,8	(1,2)	1.109	10,9
<b>127</b>	<b>1,000</b>	<b>-</b>	<b>1.500</b>	<b>-</b>	<b>100,0</b>	<b>-</b>	<b>1.000</b>	<b>-</b>
128	1,008	0,8	1.540	2,7	101,2	1,2	902	(9,8)
129	1,016	1,6	1.581	5,4	102,4	2,4	815	(18,5)
130	1,024	2,4	1.623	8,2	103,7	3,7	736	(26,4)
131	1,031	3,1	1.666	11,1	104,9	4,9	666	(33,4)
132	1,039	3,9	1.709	13,9	106,1	6,1	603	(39,7)
133	1,047	4,7	1.753	16,9	107,4	7,4	546	(45,4)
134	1,055	5,5	1.798	19,9	108,6	8,6	495	(50,5)
135	1,063	6,3	1.844	22,9	109,9	9,9	449	(55,1)
136	1,071	7,1	1.891	26,0	111,1	11,1	408	(59,2)
137	1,079	7,9	1.938	29,2	112,4	12,4	371	(62,9)
138	1,087	8,7	1.986	32,4	113,6	13,6	337	(66,3)
139	1,094	9,4	2.035	35,7	114,9	14,9	306	(69,4)
140	1,102	10,2	2.085	39,0	116,2	16,2	279	(72,1)

As Tabelas 3 e 4, obtidas respectivamente das Tabelas 1 (para  $V_0=120$  V) e 2 (para  $V_0=127$  V), apresentam os resultados finais do cálculo. O valor de custo, R\$ 1,50,

da lâmpada incandescente standard de 100 W corresponde ao preço típico de venda no comércio<sup>1</sup>.

Se a tensão no ponto de luz é diferente da tensão nominal da lâmpada, tem-se um fluxo maior ou menor que o fluxo nominal. Se a lâmpada custa R\$ 1,50 e fornece, em 100 W, 1500 lumens, quando o fluxo luminoso for diferente dos 1500 lumens, esta mesma lâmpada deveria custar mais ou menos. Ou seja, pagando-se R\$ 1,50 por 1500 lumens, cada lumen custa  $1,50/1500 = \text{R\$ } 0,001$ . Para outro valor de fluxo luminoso basta multiplicar os novos lumens por R\$ 0,001 e tem-se o preço justo daquela lâmpada. Os valores assim calculados do preço justo, em função da tensão de operação V, são mostrados na coluna 1, enquanto que a diferença entre estes e o preço da lâmpada no ponto de venda, na coluna 2 .

A coluna 3 das Tabelas 3 e 4 apresenta o custo da energia consumida pela lâmpada, durante 3000 horas, para cada valor da tensão de operação V. O período de 3000 horas foi escolhido pela seguinte razão. Se essa lâmpada for utilizada 8 horas por dia, em 1 ano tem-se:  $8 \text{ hs} \times 365 \text{ dias} = 2920 \text{ horas/ano}$ . Supõe-se que 1 ano seja um período médio significativo quando trata-se de clientes residenciais. O custo da energia pode ser calculado então pela expressão:

$$\frac{P(W)}{1000} \times 3000 \text{hs} \times \text{R\$}0,13$$

O custo da energia consumida pela lâmpada sob condição de tensão nominal, ou seja, correspondente à potência nominal de 100W, é dado por:

$$\frac{P_0(W)}{1000} \times 3000 \text{hs} \times \text{R\$}0,13 = \text{R\$ } 39,00$$

A coluna 4 apresenta a diferença entre os custos da energia consumida pela lâmpada sob tensão de operação V e sob tensão nominal  $V_0$  .

O valor de custo das lâmpadas necessárias para operar durante 3000 horas, sob condições normais, pode ser obtido de:  $3 \times \text{R\$ } 1,50 = \text{R\$ } 4,50$ .

Com a variação da tensão em relação a tensão projetada para o funcionamento da lâmpada, a vida pode aumentar ou diminuir. O custo relacionado com a vida da lâmpada (coluna 5), ou seja, o valor de custo das lâmpadas necessárias para operar durante 3000 horas, sob tensão de operação V, pode ser calculado por:  $\frac{3000 \text{hs}}{L} \times \text{R\$ } 1,50$

A diferença do gasto com lâmpadas operadas sob tensão nominal  $V_0$  e sob tensão de operação V é apresentada na coluna 6.

---

<sup>1</sup> Por exemplo, na loja Casarão Lustres Ltda, situada à Rua Senador Bernardo Monteiro, nº 28, em Benfica, na cidade do Rio de Janeiro, RJ.

Finalmente, na coluna 7 das Tabelas 3 e 4 são apresentados os valores de ganho ou de perda, do ponto de vista do consumidor. Esses valores correspondem à soma algébrica das diferenças associadas aos três componentes do custo global (preço justo, custo da energia consumida e custo relacionado à vida útil da lâmpada), respectivamente colunas 2, 4 e 6. Os valores mostrados em **negrito itálico** representam uma perda para o consumidor.

Tabela 3 – Tensão  $V_0 = 120$  Volts  
 Todos os valores estão em R\$

Fluxo		Energia Consumida		Vida Útil		Ganho ou Perda
Custo PJ	Diferença	Custo EC	Diferença	Custo VU	Diferença	
1,26	<b>0,24</b>	36,04	(2,96)	2,30	(2,20)	(4,93)
1,30	<b>0,20</b>	36,53	(2,47)	2,58	(1,92)	(4,20)
1,34	<b>0,16</b>	37,02	(1,98)	2,89	(1,61)	(3,44)
1,38	<b>0,12</b>	37,51	(1,49)	3,23	(1,27)	(2,64)
1,42	<b>0,08</b>	38,00	(1,00)	3,61	(0,89)	(1,80)
1,46	<b>0,04</b>	38,50	(0,50)	4,03	(0,47)	(0,92)
1,50	-	39,00	-	4,50	-	-
1,54	(0,04)	39,50	<b>0,50</b>	5,02	<b>0,52</b>	<b>0,98</b>
1,59	(0,09)	40,01	<b>1,01</b>	5,59	<b>1,09</b>	<b>2,01</b>
1,63	(0,13)	40,51	<b>1,51</b>	6,22	<b>1,72</b>	<b>3,10</b>
1,68	(0,18)	41,02	<b>2,02</b>	6,91	<b>2,41</b>	<b>4,26</b>
1,72	(0,22)	41,53	<b>2,53</b>	7,68	<b>3,18</b>	<b>5,49</b>
1,77	(0,27)	42,04	<b>3,04</b>	8,53	<b>4,03</b>	<b>6,80</b>
1,82	(0,32)	42,56	<b>3,56</b>	9,46	<b>4,96</b>	<b>8,20</b>
1,87	(0,37)	43,08	<b>4,08</b>	10,48	<b>5,98</b>	<b>9,69</b>
1,92	(0,42)	43,59	<b>4,59</b>	11,61	<b>7,11</b>	<b>11,28</b>
1,97	(0,47)	44,12	<b>5,12</b>	12,84	<b>8,34</b>	<b>12,99</b>
2,02	(0,52)	44,64	<b>5,64</b>	14,20	<b>9,70</b>	<b>14,82</b>
2,07	(0,57)	5,17	<b>6,17</b>	15,68	<b>11,18</b>	<b>16,78</b>
2,12	(0,62)	45,69	<b>6,69</b>	17,31	<b>12,81</b>	<b>18,88</b>
2,18	(0,68)	46,22	<b>7,22</b>	19,10	<b>14,60</b>	<b>21,14</b>
2,23	(0,73)	46,76	<b>7,76</b>	21,05	<b>16,55</b>	<b>23,58</b>
2,29	(0,79)	47,29	<b>8,29</b>	23,19	<b>18,69</b>	<b>26,19</b>
2,35	(0,85)	47,83	<b>8,83</b>	25,53	<b>21,03</b>	<b>29,01</b>
2,41	(0,91)	48,37	<b>9,37</b>	28,08	<b>23,58</b>	<b>32,04</b>
2,47	(0,97)	48,91	<b>9,91</b>	30,86	<b>26,36</b>	<b>35,30</b>
2,53	(1,03)	49,45	<b>10,45</b>	33,90	<b>29,40</b>	<b>38,83</b>

Tabela 4 – Tensão  $V_0 = 127$  Volts  
 Todos os valores estão em R\$

Fluxo		Energia Consumida		Vida Útil		Ganho ou Perda
Custo PJ	Diferença	Custo EC	Diferença	Custo VU	Diferença	
1,04	<b>0,46</b>	33,02	(5,98)	1,09	(3,41)	(8,92)
1,07	<b>0,43</b>	33,47	(5,53)	1,23	(3,27)	(8,37)
1,10	<b>0,40</b>	33,92	(5,08)	1,37	(3,13)	(7,81)
1,14	<b>0,36</b>	34,37	(4,63)	1,54	(2,96)	(7,23)
1,17	<b>0,33</b>	34,83	(4,17)	1,72	(2,78)	(6,63)
1,20	<b>0,30</b>	35,28	(3,72)	1,92	(2,58)	(6,00)
1,24	<b>0,26</b>	35,74	(3,26)	2,14	(2,36)	(5,36)
1,27	<b>0,23</b>	36,20	(2,80)	2,39	(2,11)	(4,69)
1,31	<b>0,19</b>	36,66	(2,34)	2,66	(1,84)	(3,99)
1,35	<b>0,15</b>	37,12	(1,88)	2,96	(1,54)	(3,26)
1,38	<b>0,12</b>	37,59	(1,41)	3,29	(1,21)	(2,50)
1,42	<b>0,08</b>	38,06	(0,94)	3,66	(0,84)	(1,71)
1,46	<b>0,04</b>	38,53	(0,47)	4,06	(0,44)	(0,88)
1,50	-	39,00	-	4,50	-	-
1,54	(0,04)	39,47	<b>0,47</b>	4,99	<b>0,49</b>	<b>0,92</b>
1,58	(0,08)	39,95	<b>0,95</b>	5,52	<b>1,02</b>	<b>1,89</b>
1,62	(0,12)	40,43	<b>1,43</b>	6,11	<b>1,61</b>	<b>2,91</b>
1,67	(0,17)	40,91	<b>1,91</b>	6,76	<b>2,26</b>	<b>4,00</b>
1,71	(0,21)	41,39	<b>2,39</b>	7,46	<b>2,96</b>	<b>5,14</b>
1,75	(0,25)	41,87	<b>2,87</b>	8,24	<b>3,74</b>	<b>6,36</b>
1,80	(0,30)	42,36	<b>3,36</b>	9,09	<b>4,59</b>	<b>7,65</b>
1,84	(0,34)	42,85	<b>3,85</b>	10,02	<b>5,52</b>	<b>9,02</b>
1,89	(0,39)	43,34	<b>4,34</b>	11,03	<b>6,53</b>	<b>10,48</b>
1,94	(0,44)	43,83	<b>4,83</b>	12,15	<b>7,65</b>	<b>12,04</b>
1,99	(0,49)	44,32	<b>5,32</b>	13,36	<b>8,86</b>	<b>13,70</b>
2,04	(0,54)	44,82	<b>5,82</b>	14,69	<b>10,19</b>	<b>15,47</b>
2,09	(0,59)	45,32	<b>6,32</b>	16,13	<b>11,63</b>	<b>17,36</b>

## 2. CONCLUSÃO

Uma análise comparativa entre os valores apresentados na coluna 7 das Tabelas 3 e 4 mostra claramente a perda para o consumidor para o caso das lâmpadas com tensão projetada de 120 V, principalmente tendo em vista que a voltagem mais comum no país varia entre 124V e 132 V.

As Figuras 1 e 2 mostram as curvas de variação dos valores de ganho ou perda, do ponto de vista do consumidor, respectivamente para os casos de  $V_0=120$  V e  $V_0=127$  V.

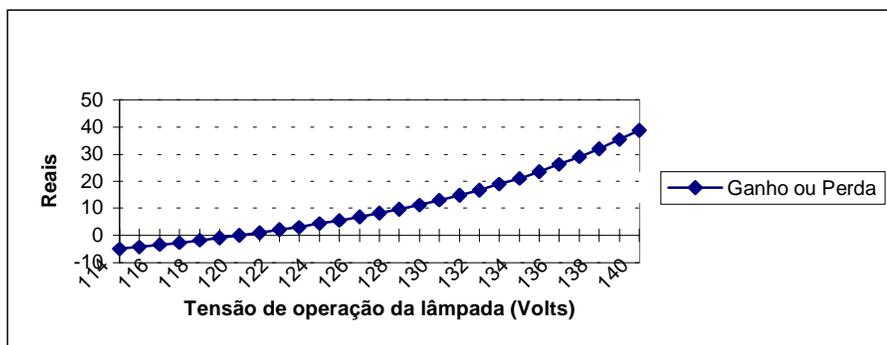


Figura 1 –  $V_0 = 120$  volts.

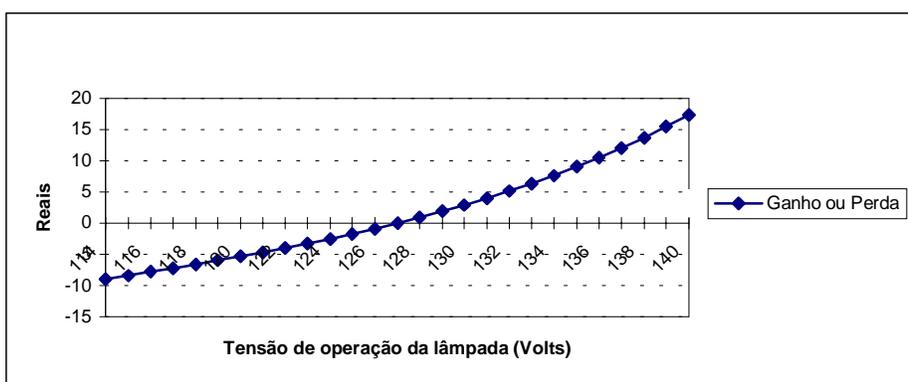


Figura 2 -  $V_0 = 127$  volts.

Corroborando os resultados obtidos no presente trabalho, um acordo entre o Departamento de Defesa e Proteção do Consumidor e as empresas fabricantes de lâmpadas acaba de ser assinado em 11/10/99<sup>2</sup> (portanto durante o transcurso da redação final do trabalho), no qual as empresas se comprometem a deixar de produzir lâmpadas de 120 volts no lugar das de 127 volts. A produção deverá ser suspensa num prazo máximo de 30 dias e as lâmpadas de 120 volts poderão ser vendidas no comércio apenas até o fim deste ano.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

*Catálogo de Lâmpadas Philips*. São Paulo.

KNOWLTON, Archer E. *Standard Handbook for Electrical Engineers* – Ed.-in-Chief, MacGraw-Hill Book Co., New York, 1957.

*Lighting Manual Philips*. Eindhoven, Janeiro 1993, 5ª ed., p. 12.

MOREIRA, Vinicius de Araujo - *Iluminação e Fotometria - Teoria e Aplicação*, Ed. Edgard Blucher, 1975, p.57.

<sup>2</sup> Jornal O GLOBO, Terça-feira, 12/10/99, pag. 17. Jornal do COMMERCIO, 12 e 13/10/99, pag. A-7.