

## APÊNDICE A

### UNIDADES E FATORES DE CONVERSÃO DE ENERGIA

| Joule<br>J (N.m)    | Calorias<br>cal      | Watt.h<br>Wh           | British<br>Thermal Unit<br>BTU | Tonelada<br>Equivalente de<br>Petróleo<br>TEP ou TOE | Tonelada<br>Equivalente de<br>Carvão<br>TEC ou TCE | Barril de<br>Óleo<br>Equivalente<br>BOE ou BEP |
|---------------------|----------------------|------------------------|--------------------------------|--|--|--|
| 1                   | 0,239                | $2,777 \times 10^{-4}$ | $9,478 \times 10^{-4}$         | $2,388 \times 10^{-11}$                              | $34,11 \times 10^{-12}$                            | $1,719 \times 10^{-10}$                        |
| 4,184               | 1                    | $1,162 \times 10^{-3}$ | $3,966 \times 10^{-3}$         | $10^{-10}$   | $14,27 \times 10^{-11}$                            | $7,194 \times 10^{-10}$                        |
| $3,601 \times 10^3$ | 860,6                | 1                      | 3,413                          | $8,6 \times 10^{-8}$                                 | $12,29 \times 10^{-8}$                             | $6,191 \times 10^{-7}$                         |
| 1055,060            | 252,165              | 0,293                  | 1                              | $2,52 \times 10^{-8}$                                | $3,6 \times 10^{-8}$                               | $1,814 \times 10^{-7}$                         |
| $41,87 \times 10^9$ | $10,0 \times 10^9$   | $11,63 \times 10^6$    | $39,68 \times 10^6$            | 1  | 1,429  | 7,2  |
| $29,31 \times 10^9$ | $7,0 \times 10^9$    | $8,139 \times 10^6$    | $2,778 \times 10^7$            | 0,7  | 1  | 5,039  |
| $5,815 \times 10^9$ | $13,898 \times 10^8$ | $1,615 \times 10^6$    | $5,511 \times 10^6$            | 0,1389   | 0,1984   | 1  |

### MULTIPLICADORES

| Multiplicador | Símbolo | Fator     |
|---------------|---------|-----------|
| Quilo         | k       | $10^3$    |
| Mega          | M       | $10^6$    |
| Giga          | G       | $10^9$    |
| Tera          | T       | $10^{12}$ |
| Peta          | P       | $10^{15}$ |
| Exa           | E       | $10^{18}$ |

### EQUIVALÊNCIA MÉDIA PARA COMBUSTÍVEIS LÍQUIDOS

| m <sup>3</sup>           | Gcal  | TEP<br>(10 <sup>3</sup><br>kcal/kg) | BEP  | TEC<br>(7.000<br>kcal/kg) | GJ    | 10 <sup>6</sup><br>BTU | MWh<br>(860<br>kcal/kWh) |
|--------------------------|-------|-------------------------------------|------|---------------------------|-------|------------------------|--------------------------|
| Petróleo                 | 8,90  | 0,890                               | 6,27 | 1,271                     | 37,25 | 35,30                  | 10,35                    |
| Óleo diesel              | 8,48  | 0,848                               | 5,97 | 1,212                     | 35,52 | 33,66                  | 9,87                     |
| Óleo combustível         | 9,59  | 0,959                               | 6,75 | 1,370                     | 40,15 | 38,05                  | 11,15                    |
| Gasolina automotiva      | 7,70  | 0,770                               | 5,42 | 1,099                     | 32,22 | 30,54                  | 8,95                     |
| Gasolina de aviação      | 7,63  | 0,763                               | 5,37 | 1,090                     | 31,95 | 30,28                  | 8,88                     |
| GLP                      | 6,11  | 0,611                               | 4,30 | 0,872                     | 25,56 | 24,22                  | 7,10                     |
| Querosene de aviação     | 8,22  | 0,822                               | 5,79 | 1,174                     | 34,40 | 32,60                  | 9,56                     |
| Álcool etílico anidro    | 5,34  | 0,534                               | 3,76 | 0,763                     | 22,35 | 21,19                  | 6,21                     |
| Álcool etílico hidratado | 5,01  | 0,510                               | 3,59 | 0,728                     | 21,34 | 20,22                  | 5,93                     |
| Gás de refinaria         | 6,55  | 0,655                               | 4,61 | 0,936                     | 27,43 | 26,00                  | 7,62                     |
| Coque de petróleo        | 8,73  | 0,873                               | 6,15 | 1,247                     | 36,53 | 34,62                  | 10,15                    |
| Asfaltos                 | 10,18 | 1,018                               | 7,17 | 1,455                     | 42,63 | 40,40                  | 11,84                    |
| Lubrificantes            | 8,91  | 0,891                               | 6,27 | 1,272                     | 37,29 | 35,34                  | 10,36                    |
| Solventes                | 7,81  | 0,781                               | 5,50 | 1,115                     | 32,69 | 30,98                  | 9,08                     |

Exemplo: 1 m<sup>3</sup> de petróleo = 1,271 TEC. Fonte: EPE (2010)

### EQUIVALÊNCIA MÉDIA PARA COMBUSTÍVEIS SÓLIDOS

| ton                      | Gcal | TEP<br>(10 <sup>3</sup><br>kcal/kg) | BEP  | TEC<br>(7.000<br>kcal/kg) | GJ    | 10 <sup>6</sup><br>BTU | MWh<br>(860<br>kcal/kWh) |
|--------------------------|------|-------------------------------------|------|---------------------------|-------|------------------------|--------------------------|
| Carvão vapor 3.100       | 2,95 | 0,295                               | 2,08 | 0,421                     | 12,35 | 11,70                  | 3,43                     |
| Carvão vapor 4.200       | 4,00 | 0,400                               | 2,82 | 0,571                     | 16,75 | 15,87                  | 4,65                     |
| Carvão vapor 5.200       | 4,90 | 0,490                               | 3,45 | 0,700                     | 20,52 | 19,44                  | 5,70                     |
| Carvão vapor 6.000       | 5,70 | 0,570                               | 4,01 | 0,814                     | 23,86 | 22,62                  | 6,63                     |
| C. metalúrgico nacional  | 6,42 | 0,642                               | 4,52 | 0,917                     | 26,88 | 25,47                  | 7,47                     |
| C. metalúrgico importado | 7,40 | 0,740                               | 5,21 | 1,057                     | 30,98 | 29,36                  | 8,61                     |
| Lenha                    | 3,10 | 0,310                               | 2,18 | 0,443                     | 12,98 | 12,30                  | 3,61                     |
| Caldo de cana            | 0,62 | 0,062                               | 0,44 | 0,089                     | 2,61  | 2,47                   | 0,72                     |
| Melaço                   | 1,85 | 0,185                               | 1,30 | 0,264                     | 7,75  | 7,34                   | 2,15                     |
| Bagaço de cana           | 2,13 | 0,213                               | 1,50 | 0,304                     | 8,92  | 8,45                   | 2,48                     |
| Lixívia                  | 2,86 | 0,286                               | 2,01 | 0,409                     | 11,97 | 11,35                  | 3,33                     |
| Coque de carvão mineral  | 6,90 | 0,690                               | 4,86 | 0,986                     | 28,89 | 27,38                  | 8,02                     |
| Carvão vegetal           | 6,46 | 0,646                               | 4,55 | 0,923                     | 27,05 | 25,63                  | 7,51                     |

Exemplo: 1 ton. de carvão 3.100 (kcal/kg) = 0,421 TEC. Fonte: EPE (2010)

### PODER CALORÍFICO (SUPERIOR E INFERIOR) E FATOR DE EMISSÃO DE COMBUSTÍVEIS

| Combustível                     | Peso<br>específico<br>kg/m <sup>3</sup> | PCS<br>GJ/ton | PCI<br>GJ/ton | Fator de emissão<br>ton CO <sub>2</sub> /ton |
|---------------------------------|---|---------------|---------------|--|
| Alcatrão                        | 1.000                                   | 37,66         | 35,77         |  |
| Álcool etílico anidro           | 791                                     | 29,66         | 28,24         | 2,09057                                      |
| Álcool etílico hidratado        | 809                                     | 27,82         | 26,36         |  |
| Asfaltos                        | 1.025                                   | 43,93         | 40,96         |  |
| Bagaço de cana                  | 130                                     | 9,44          | 8,91          | 0,88795                                      |
| Biodiesel (100)                 | 880                                     | 39,10         | 37,66         |  |
| Caldo de cana                   |   | 2,61          | 2,59          |  |
| Carvão metalúrgico importado    |   | 32,22         | 30,96         |  |
| Carvão metalúrgico nacional     |   | 28,45         | 26,86         | 2,63087                                      |
| Carvão vapor sem especificação  |   | 12,55         | 11,92         | 1,16791                                      |
| Carvão vegetal                  | 250                                     | 28,45         | 27,03         | 3,01621                                      |
| Coque de carvão mineral         | 600                                     | 30,54         | 28,87         | 2,72114                                      |
| Coque de petróleo               | 1.040                                   | 35,56         | 35,10         | 3,41018                                      |
| Eletricidade                    |   | 3,60          | 3,60          |  |
| Gás canalizado (Rio de Janeiro) |   | 16,32         | 15,90         |  |
| Gás canalizado (São Paulo)      |   | 19,66         | 18,83         |  |
| Gás de coqueria                 |   | 18,83         | 17,99         | 1,91806                                      |
| Gás de refinaria                | 0,780                                   | 36,82         | 35,15         | 2,01703                                      |
| GLP                             | 552                                     | 49,16         | 46,44         | 2,91997                                      |
| Gás natural seco                | 0,740                                   | 38,73         | 36,82         | 2,61934                                      |
| Gás natural úmido               | 0,740                                   | 43,74         | 41,55         |  |
| Gasolina automotiva             | 742                                     | 46,94         | 43,51         |  |

|                                |       |       |       |         |
|--------------------------------|-------|-------|-------|---------|
| Gasolina de aviação            | 726   | 47,24 | 44,35 |         |
| Lenha catada                   | 300   | 13,81 | 12,97 |         |
| Lenha comercial                | 390   | 13,81 | 12,97 | 1,44741 |
| Lixívia                        | 1.090 | 12,68 | 11,97 | 1,13624 |
| Lubrificantes                  | 875   | 45,06 | 42,34 |         |
| Melaço                         | 1.420 | 8,08  | 7,74  |         |
| Nafta                          | 702   | 47,36 | 44,48 | 3,24824 |
| Óleo combustível               | 1.000 | 42,20 | 40,12 | 3,09436 |
| Óleo diesel                    | 840   | 44,98 | 42,26 | 3,11997 |
| Outros energéticos de petróleo | 864   | 45,19 | 42,68 | 3,11685 |
| Petróleo                       | 884   | 45,19 | 42,63 | 3,11685 |
| Querosene de aviação           | 799   | 42,22 | 43,51 |         |
| Querosene iluminação           | 799   | 42,22 | 43,51 | 3,11726 |

Fonte: EPE (2010)

## REFERÊNCIAS E LEITURAS SUGERIDAS

EPE. 2010. “Balanço Energético Nacional 2010.” Rio de Janeiro.  
[https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio\\_Final\\_BEN\\_2010.pdf](https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio_Final_BEN_2010.pdf).