

# Respostas

## dos Testes (T) e das Perguntas (P) e Problemas Ímpares (PR)

### Capítulo 21

**T** 1. C e D se atraem; B e D se atraem 2. (a) para a esquerda; (b) para a esquerda; (c) para a esquerda 3. (a) a, c, b; (b) menor 4.  $-15e$  (a carga total de  $-30e$  se divide igualmente) **P** 1. a e b 3. 3, 1, 2, 4 (zero) 5. b e c empatados, a (zero) 7.  $2kq^2/r^2$ , para cima 9. (a) iguais; (b) menor; (c) subtraem; (d) somam; (e) que se somam; (f) no sentido positivo de y; (g) no sentido negativo de y; (h) no sentido positivo de x; (i) no sentido negativo de x **PR** 1. 1,39 m 3. 2,81 N 5. 0,500 7. (a)  $-1,00 \mu\text{C}$ ; (b)  $3,00 \mu\text{C}$  9. (a) 0,17 N; (b)  $-0,046 \text{ N}$  11.  $-4,00$  13. (a) 1,60 N; (b) 2,77 N 15. (a)  $-14 \text{ cm}$ ; (b) 0 17. (a) 35 N; (b)  $-10^\circ$ ; (c)  $-8,4 \text{ cm}$ ; (d)  $+2,7 \text{ cm}$  19. (a) 3,00 cm; (b) 0; (c)  $-0,444$  21. (a) 0; (b) 12 cm; (c) 0; (d)  $4,9 \times 10^{-26} \text{ N}$  23.  $3,8 \times 10^{-8} \text{ C}$  25. (a)  $3,2 \times 10^{-19} \text{ C}$ ; (b) 2 27. 6,3  $\times 10^{11}$  29. 122 mA 31.  $1,3 \times 10^7 \text{ C}$  33. (a)  $-6,05 \text{ cm}$ ; (b) 6,05 cm 35. (a) 0; (b)  $1,9 \times 10^{-9} \text{ N}$  37. (a)  $^9\text{B}$ ; (b)  $^{13}\text{N}$ ; (c)  $^{12}\text{C}$  39.  $1,31 \times 10^{-22} \text{ N}$  41. (a)  $2,00 \times 10^{10}$  elétrons; (b)  $1,33 \times 10^{10}$  elétrons 43. 0,19 MC 45. 3,8 N 47. (a)  $8,99 \times 10^9 \text{ N}$ ; (b) 8,99 kN 49.  $1,7 \times 10^8 \text{ N}$  51. (a) 0,5; (b) 0,15; (c) 0,85 53. (a)  $5,7 \times 10^{13} \text{ C}$ ; (b) porque as distâncias se cancelam; (c)  $6,0 \times 10^5 \text{ kg}$  55. (b) 3,1 cm 57.  $-1,32 \times 10^{13} \text{ C}$  59. (a) (0,829 N) $\hat{i}$ ; (b)  $(-0,621 \text{ N})\hat{j}$  61.  $2,2 \times 10^{-6} \text{ kg}$  63.  $-45 \mu\text{C}$  65. (a)  $5,1 \times 10^2 \text{ N}$ ; (b)  $7,7 \times 10^{28} \text{ m/s}^2$  67.  $4,68 \times 10^{-19} \text{ N}$  69. (a) 1,72L; (b) 0

### Capítulo 22

**T** 1. (a) para a direita; (b) para a esquerda; (c) para a esquerda; (d) para a direita (as cargas de p e e têm o mesmo valor absoluto e p está mais longe) 2. (a) sentido positivo de y; (b) sentido positivo de x; (c) sentido negativo de y 3. (a) para a esquerda; (b) para a esquerda; (c) diminui 4. (a) todos empatados; (b) 1 e 3 empatados, e depois 2 e 4 empatados **P** 1. a, b, c 3. (a) à esquerda; (b) não 5. (a) sim; (b) na direção das cargas; (c) não (os vetores não apontam na mesma direção); (d) se cancelam; (e) se somam; (f) das componentes que se somam; (g) o sentido negativo do eixo y 7. e, b, depois a e c empatados, d (zero) 9. (a) 4, 3, 1, 2; (b) 3, depois 1 e 4 empatados, 2 11. a, b, c **PR** 1. (a)  $6,4 \times 10^{-18} \text{ N}$ ; (b) 20 N/C 3. 56 pC 5. (a)  $3,07 \times 10^{21} \text{ N/C}$ ; (b) para fora 7.  $-30 \text{ cm}$  9.  $(1,02 \times 10^5 \text{ N/C})\hat{j}$  11. (a)  $1,38 \times 10^{-10} \text{ N/C}$ ; (b)  $180^\circ$  13. (a) 160 N/C; (b)  $45^\circ$  15. (a)  $3,60 \times 10^{-6} \text{ N/C}$ ; (b)  $2,55 \times 10^{-6} \text{ N/C}$ ; (c)  $3,60 \times 10^{-4} \text{ N/C}$ ; (d)  $7,09 \times 10^{-7} \text{ N/C}$ ; (e) Quando o próton se aproxima do disco, o equilíbrio das forças exercidas pelos elétrons aumenta. 17. (a)  $-90^\circ$ ; (b)  $+2,0 \mu\text{C}$ ; (c)  $-1,6 \mu\text{C}$  19. (a)  $qd/4\pi\epsilon_0 r^3$ ; (b)  $-90^\circ$  23. 0,506 25. (a) 23,8 N/C; (b)  $-90^\circ$  27. (a)  $-5,19 \times 10^{-14} \text{ C/m}$ ; (b)  $1,57 \times 10^{-3} \text{ N/C}$ ; (c)  $-180^\circ$ ; (d)  $1,52 \times 10^{-8} \text{ N/C}$ ; (e)  $1,52 \times 10^{-8} \text{ N/C}$  29. (a)  $1,62 \times 10^6 \text{ N/C}$ ; (b)  $-45^\circ$  31. 1,57 35. 0,346 m 37. 28% 39.  $3,51 \times 10^{15} \text{ m/s}^2$  41.  $6,6 \times 10^{-15} \text{ N}$  43. (a)  $1,5 \times 10^3 \text{ N/C}$ ; (b)  $2,4 \times 10^{-16} \text{ N}$ ; (c) para cima; (d)  $1,6 \times 10^{-26} \text{ N}$ ; (e)  $1,5 \times 10^{10}$  45. (a)  $1,92 \times 10^{12} \text{ m/s}^2$ ; (b)  $1,96 \times 10^5 \text{ m/s}$  47.  $-5e$  49. (a)  $2,7 \times 10^6 \text{ m/s}$ ; (b) 1,0 kN/C 51. 27  $\mu\text{m}$  53. (a) 0,245 N; (b)  $-11,3^\circ$ ; (c) 108 m; (d)  $-21,6 \text{ m}$  55. (a)  $2,6 \times 10^{-10} \text{ N}$ ; (b)  $3,1 \times 10^{-8} \text{ N}$ ; (c) salta para o estigma 57. (a)  $9,30 \times 10^{-15} \text{ C} \cdot \text{m}$ ; (b)  $2,05 \times 10^{-11} \text{ J}$  59.  $(1/2\pi)(pE/I)^{0,5}$  61.  $1,22 \times 10^{-23} \text{ J}$  63.  $217^\circ$  65. (a) 47 N/C; (b) 27 N/C 67. (a) 6,0 mm; (b)  $180^\circ$  69.  $+1,00 \mu\text{C}$  71. (a)  $8,87 \times 10^{-15} \text{ N}$ ; (b) 120 73. 38 N/C 75. 9 h 30 min 77. (a)  $-0,029 \text{ C}$ ; (b) porque a esfera seria

desintegrada pela força de repulsão 79. (a)  $-1,0 \text{ cm}$ ; (b) 0; (c) 10 pC 81. (a)  $-1,49 \times 10^{-26} \text{ J}$ ; (b)  $(-1,98 \times 10^{-26} \text{ N} \cdot \text{m})\hat{k}$ ; (c)  $3,47 \times 10^{-26} \text{ J}$  83. 61 N/C 85. (a)  $(-1,80 \text{ N/C})\hat{i}$ ; (b) (43,2 N/C) $\hat{j}$ ; (c)  $(-6,29 \text{ N/C})\hat{i}$  87. (a) linha de cima: 4, 8, 12; linha do meio: 5, 10, 14; linha de baixo: 7, 11, 16; (b)  $1,63 \times 10^{-19} \text{ C}$

### Capítulo 23

**T** 1. (a)  $+EA$ ; (b)  $-EA$ ; (c) 0; (d) 0 2. (a) 2; (b) 3; (c) 1 3. (a) igual; (b) igual; (c) igual 4. 3 e 4 empatados, depois 2, 1 **P** 1. todos empatados 3. (a)  $8 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}$ ; (b) 0 5. a, c, depois b e d empatados (zero) 7. (a) todos empatados ( $E = 0$ ); (b) todos empatados 9. todos empatados **PR** 1.  $-0,015 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}$  3. (a) 0; (b)  $-3,92 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}$ ; (c) 0; (d) 0 5.  $2,0 \times 10^5 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}$  7. 3,01 nN  $\cdot \text{m}^2/\text{C}$  9. 3,54  $\mu\text{C}$  11. (a)  $8,23 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}$ ; (b) 72,9 pC; (c)  $8,23 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}$ ; (d) 72,9 pC 13. (a) 0; (b) 0,0417 15.  $-1,70 \text{ nC}$  17. (a)  $4,5 \times 10^{27} \text{ C/m}^2$ ; (b)  $5,1 \times 10^4 \text{ N/C}$  19. (a) 37  $\mu\text{C}$ ; (b)  $4,1 \times 10^6 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}$  21. (a)  $-3,0 \times 10^{-6} \text{ C}$ ; (b)  $+1,3 \times 10^{-5} \text{ C}$  23. 5,0  $\mu\text{C/m}$  25. (a) 0,32  $\mu\text{C}$ ; (b) 0,14  $\mu\text{C}$  27. (a) 0,214 N/C; (b) para dentro; (c) 0,855 N/C; (d) para fora; (e)  $-3,40 \times 10^{-12} \text{ C}$ ; (f)  $-3,40 \times 10^{-12} \text{ C}$  29. (a)  $2,3 \times 10^6 \text{ N/C}$ ; (b) para fora; (c)  $4,5 \times 10^5 \text{ N/C}$ ; (d) para dentro 31.  $3,8 \times 10^{-8} \text{ C/m}^2$  33.  $-1,5$  35. (a)  $5,3 \times 10^7 \text{ N/C}$ ; (b) 60 N/C 37. (a) 0; (b) 0; (c)  $(-7,91 \times 10^{-11} \text{ N/C})\hat{i}$  39. 0,44 mm 41. 5,00 nC/m<sup>2</sup> 43. (a) 0; (b) 1,31  $\mu\text{N/C}$ ; (c) 3,08  $\mu\text{N/C}$ ; (d) 3,08  $\mu\text{N/C}$  45.  $-7,5 \text{ nC}$  47. (a)  $2,50 \times 10^4 \text{ N/C}$ ; (b)  $1,35 \times 10^4 \text{ N/C}$  49.  $1,79 \times 10^{-11} \text{ C/m}^2$  51. (a) 0; (b) 56,2 mN/C; (c) 112 mN/C; (d) 49,9 mN/C; (e) 0; (f) 0; (g)  $-5,00 \text{ fC}$ ; (h) 0 53.  $6K\epsilon_0 r^3$  55. (a) 7,78 fC; (b) 0; (c) 5,58 mN/C; (d) 22,3 mN/C 57. (a) 0,125; (b) 0,500 59. (a)  $+2,0 \text{ nC}$ ; (b)  $-1,2 \text{ nC}$ ; (c)  $+1,2 \text{ nC}$ ; (d)  $+0,80 \text{ nC}$  61. (a) 5,4 N/C; (b) 6,8 N/C 63. (a) 0; (b)  $2,88 \times 10^4 \text{ N/C}$ ; (c) 200 N/C 65.  $(5,65 \times 10^4 \text{ N/C})\hat{j}$  67. (a)  $-2,53 \times 10^{-2} \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}$ ; (b)  $+2,53 \times 10^{-2} \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}$  69. (a) 0; (b)  $q_a/4\pi\epsilon_0 r^2$ ; (c)  $(q_a + q_b)/4\pi\epsilon_0 r^2$  71.  $-1,04 \text{ nC}$  73. 3,6 nC 75. (a) 693 kg/s; (b) 693 kg/s; (c) 347 kg/s; (d) 347 kg/s; (e) 575 kg/s 79. (a)  $+4,0 \mu\text{C}$ ; (b)  $-4,0 \mu\text{C}$  81. (a) 0,25R; (b) 2,0R

### Capítulo 24

**T** 1. (a) negativo; (b) aumenta 2. (a) positivo; (b) aumenta 3. (a) para a direita; (b) 1, 2, 3, 5: positivo; 4, negativo; (c) 3, depois 1, 2 e 5 empatados, 4 4. todos empatados 5. a, c (zero), b 6. (a) 2, depois 1 e 3 empatados; (b) 3; (c) é acelerado para a esquerda **P** 1. (a) 1 e 2; (b) nenhum; (c) não; (d) 1 e 2, sim; 3 e 4, não 3.  $-4q/4\pi\epsilon_0 d$  5. (a) maior; (b) positivo; (c) negativo; (d) todas empatadas 7. (a) 3 e 4 empatados, depois 1 e 2 empatados; (b) 1 e 2, aumenta; 3 e 4, diminui 9. (a) 0; (b) 0; (c) 0; (d) as três grandezas continuam a ser 0 **PR** 1. 2,8  $\times 10^5$  3. (a)  $3,0 \times 10^5 \text{ C}$ ; (b)  $3,6 \times 10^6 \text{ J}$  5. 8,8 mm 7. (a)  $1,87 \times 10^{-21} \text{ J}$ ; (b)  $-11,7 \text{ mV}$  9.  $-32,0 \text{ V}$  11. (a)  $-0,268 \text{ mV}$ ; (b)  $-0,681 \text{ mV}$  13. (a) 3,3 nC; (b) 12 nC/m<sup>2</sup> 15. 0,562 mV 17. (a) 6,0 cm; (b)  $-12,0 \text{ cm}$  19. (a) 0,54 mm; (b) 790 V 21. 16,3  $\mu\text{V}$  23. (a)  $-2,30 \text{ V}$ ; (b)  $-1,78 \text{ V}$  25. (a) 24,3 mV; (b) 0 27. 32,4 mV 29. 47,1  $\mu\text{V}$  31. 13 kV 33. 18,6 mV 35.  $(-12 \text{ V/m})\hat{i} + (12 \text{ V/m})\hat{j}$  37.  $(-4,0 \times 10^{-16} \text{ N})\hat{i} + (1,6 \times 10^{-16} \text{ N})\hat{j}$  39. 150 N/C 41.  $-0,192 \text{ pJ}$  43. (a) 0,90 J; (b) 4,5 J 45. (a)  $+6,0 \times 10^4 \text{ V}$ ; (b)  $-7,8 \times 10^5 \text{ V}$ ; (c) 2,5 J; (d) aumentar; (e) igual; (f) igual 47. 2,5 km/s 49. 22 km/s 51. (a) 0,225 J; (b) A 45,0 m/s<sup>2</sup>, B 22,5 m/s<sup>2</sup>; (c) A 7,75 m/s, B 3,87 m/s 53. 0,32

km/s 55. (a) um próton; (b) 65,3 km/s 57.  $1,6 \times 10^{-9}$  m 59. (a) 3,0 J; (b) -8,5 m 61. (a) 12; (b) 2 63.  $2,5 \times 10^{-8}$  C 65. (a)  $-1,8 \times 10^2$  V; (b) 2,9 kV; (c) -8,9 kV 67. (a) 12 kN/C; (b) 1,8 kV; (c) 5,8 cm 69.  $7,0 \times 10^5$  m/s 71. (a) 1,8 cm; (b)  $8,4 \times 10^5$  m/s; (c)  $2,1 \times 10^{-17}$  N; (d) positivo; (e)  $1,6 \times 10^{-17}$  N; (f) negativo 73. (a)  $+7,19 \times 10^{-10}$  V; (b)  $+2,30 \times 10^{-28}$  J; (c)  $+2,43 \times 10^{-29}$  J 75. 2,1 dias 77. (a) 64 N/C; (b) 2,9 V; (c) 0 79.  $2,30 \times 10^{-28}$  J 81.  $2,30 \times 10^{-22}$  J 83. (a)  $3,6 \times 10^5$  V; (b) não 85. -1,92 MV 87.  $1,48 \times 10^7$  m/s 89.  $6,4 \times 10^8$  V 93. (a)  $Q/4\pi\epsilon_0 r$ ; (b)  $(\rho/3\epsilon_0)$ ;  $(1,5r_2^2 - 0,50r^2 - r_1^2 r^{-1})$ ;  $\rho = Q/[(4\pi/3)(r_2^3 - r_1^3)]$ ; (c)  $(\rho/2\epsilon_0)(r_2^2 - r_1^2)$ , com  $\rho$  como em (b); (d) sim 95.  $\rho/2\pi\epsilon_0 r^3$  97. 2,90 kV 99. (a) 0,484 MeV; (b) 0 103. (a) 38 s; (b) 280 dias 105. -1,7 107. 1 109. (a) 1,48 nC; (b) 795 V 111. -187 V 115. (c) 4,2 V

## Capítulo 25

**T** 1. (a) permanece a mesma; (b) permanece a mesma 2. (a) diminui; (b) aumenta; (c) diminui 3. (a)  $V, q/2$ ; (b)  $V/2, q$  **P** 1. a, 2; b, 1; c, 3 3. a, em série; b, em paralelo; c, em paralelo 5. (a) não; (b) sim; (c) todos empatados 7. (a) permanece a mesma; (b) permanece a mesma; (c) maior; (d) maior 9. em paralelo,  $C_1$  sozinha,  $C_2$  sozinha, em série 11. (a) aumenta; (b) permanece constante; (c) aumenta; (d) aumenta; (e) aumenta; (f) aumenta **PR** 1. (a) 3,5 pF; (b) 3,5 pF; (c) 57 V 3.  $6,79 \times 10^{-4}$  F/m<sup>2</sup> 5. (a) 144 pF; (b) 17,3 nC 7. 0,280 pF 9.  $3,16 \mu\text{F}$  11. 315 mC 13. (a) 789  $\mu\text{C}$ ; (b) 78,9 V 15. 43 pF 17. (a) 3,00  $\mu\text{F}$ ; (b) 60,0  $\mu\text{C}$ ; (c) 10,0 V; (d) 30,0  $\mu\text{C}$ ; (e) 10,0 V; (f) 20,0  $\mu\text{C}$ ; (g) 5,00 V; (h) 20,0  $\mu\text{C}$  19. (a) 50 V; (b)  $5,0 \times 10^{-5}$  C; (c)  $1,5 \times 10^{-4}$  C 21. 3,6 pC 23. (a) 4,0  $\mu\text{F}$ ; (b) 2,0  $\mu\text{F}$  25. (a)  $4,5 \times 10^{14}$ ; (b)  $1,5 \times 10^{14}$ ; (c)  $3,0 \times 10^{14}$ ; (d)  $4,5 \times 10^{14}$ ; (e) para cima; (f) para cima 27. (a) 9,00  $\mu\text{C}$ ; (b) 16,0  $\mu\text{C}$ ; (c) 9,00  $\mu\text{C}$ ; (d) 16,0  $\mu\text{C}$ ; (e) 8,40  $\mu\text{C}$ ; (f) 16,8  $\mu\text{C}$ ; (g) 10,8  $\mu\text{C}$ ; (h) 14,4  $\mu\text{C}$  29. 0,27 J 31. 72 F 33. (a)  $9,16 \times 10^{-18}$  J/m<sup>3</sup>; (b)  $9,16 \times 10^{-6}$  J/m<sup>3</sup>; (c)  $9,16 \times 10^6$  J/m<sup>3</sup>; (d)  $9,16 \times 10^{18}$  J/m<sup>3</sup>; (e)  $\infty$  35. (a) 16,0 V; (b) 45,1 pJ; (c) 120 pJ; (d) 75,2 pJ 37. (a) 190 V; (b) 95 mJ 39. 0,11 J/m<sup>3</sup> 41. Pirex 43. 81 pF/m 45. 0,63 m<sup>2</sup> 47. 66  $\mu\text{J}$  49. 17,3 pF 51. (a) 10 kV/m; (b) 5,0 nC; (c) 4,1 nC 53. (a) 0,107 nF; (b) 7,79 nC; (c) 7,45 nC 55. (a) 89 pF; (b) 0,12 nF; (c) 11 nC; (d) 11 nC; (e) 10 kV/m; (f) 2,1 kV/m; (g) 88 V; (h) -0,17  $\mu\text{J}$  57. (a) 7,20  $\mu\text{C}$ ; (b) 18,0  $\mu\text{C}$ ; (c) A bateria fornece carga apenas às placas às quais está ligada; a carga das outras placas se deve apenas à transferência de elétrons de uma placa para outra de acordo com a nova distribuição e tensões pelos capacitores. Assim, a bateria não fornece carga diretamente ao capacitor 4. 59. (a) 10  $\mu\text{C}$ ; (b) 20  $\mu\text{C}$  61. 45  $\mu\text{C}$  63. 16  $\mu\text{C}$  65. (a) 2,40  $\mu\text{F}$ ; (b) 0,480 mC; (c) 80 V; (d) 0,480 mC; (e) 120 V 67. 40  $\mu\text{F}$  69. (a) 200 kV/m; (b) 200 kV/m; (c) 1,77  $\mu\text{C}/\text{m}^2$ ; (d) 4,60  $\mu\text{C}/\text{m}^2$ ; (e) -2,83  $\mu\text{C}/\text{m}^2$  71. 4,9% 73. 1,06 nC 75. (a) 0,708 pF; (b) 0,600; (c)  $1,02 \times 10^{-9}$  J; (d) atraído 77. 5,3 V

## Capítulo 26

**T** 1. 8 A, para a direita 2. (a) - (c) para a direita 3. a e c empatados, b 4. dispositivo 2 5. (a) e (b) empatadas, depois (d), depois (c) **P** 1. a, b e c empatadas, d 3. A, B, e C empatados, depois A + B e B + C empatados, A + B + C 5. (a) superior-inferior, dianteira-traseira, esquerda-direita; (b) superior-inferior, dianteira-traseira, esquerda-direita; (c) superior-inferior, dianteira-traseira, esquerda-direita; (d) superior-inferior, dianteira-traseira, esquerda-direita 7. (a) C, B, A; (b) todos empatados; (c) A, B, C; (d) todos empatados 9. (a) B, A, C; (b) B, A, C **PR** 1. (a) 1,2 kC; (b)  $7,5 \times 10^{21}$  3. 6,7  $\mu\text{C}/\text{m}^2$  5. 0,38 mm 7. (a) 6,4 A/m<sup>2</sup>; (b) norte; (c) a área da seção reta 9. 13 min 11. 18,1  $\mu\text{A}$  13. (a) 1,33 A; (b) 0,666 A;

(c)  $J_a$  15.  $2,0 \times 10^6 (\Omega \cdot \text{m})^{-1}$  17.  $2,0 \times 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$  19. 2,4  $\Omega$  21. 54  $\Omega$  23. 3,0 25.  $(1,8 \times 10^3)^\circ\text{C}$  27.  $3,35 \times 10^{-7}$  C 29.  $8,2 \times 10^{-4} \Omega \cdot \text{m}$  31. (a) 38,3 mA; (b) 109 A/m<sup>2</sup>; (c) 1,28 cm/s; (d) 227 V/m 33. (a) 6,00 mA; (b)  $1,59 \times 10^{-8}$  V; (c) 21,2 n $\Omega$  35. 981 k $\Omega$  39. (a) 1,0 kW; (b) \$0,25 41. 0,135 W 43. (a) 10,9 A; (b) 10,6  $\Omega$ ; (c) 4,50 MJ 45. 150 s 47. (a) 28,8  $\Omega$ ; (b)  $2,60 \times 10^{19}$  s<sup>-1</sup> 49. (a) 5,85 m; (b) 10,4 m 51. (a) \$4,46; (b) 144  $\Omega$ ; (c) 0,833 A 53. (a) 5,1 V; (b) 10 V; (c) 10 W; (d) 20 W 55. (a)  $2,3 \times 10^{12}$ ; (b)  $5,0 \times 10^3$ ; (c) 10 MV 57. (a) -8,6%; (b) menor 59. 660 W 61. (a) prata; (b) 51,6 n $\Omega$  63. (a) 1,37; (b) 0,730 65. 28,8 kC 67. 146 kJ 69.  $3,0 \times 10^6$  J/kg 71. 2,4 kW 73. 560 W 75. (a) 250°C; (b) sim

## Capítulo 27

**T** 1. (a) para a direita; (b) todos empatados; (c) b, depois a e c empatados; (d) b, depois a e c empatados 2. (a) todas empatadas; (b)  $R_1, R_2, R_3$  3. (a) menor; (b) maior; (c) igual 4. (a)  $V/2, i$ ; (b)  $V, i/2$  5. (a) 1, 2, 4, 3; (b) 4, 1 e 2 empatados, 3 **P** 1. (a) em série; (b) em paralelo; (c) em paralelo 3. (a) igual; (b) maior 5. em paralelo,  $R_2, R_1$ , em série 7. (a) permanece a mesma; (b) permanece a mesma; (c) menor; (d) maior 9. (a) diminui; (b) diminui; (c) aumenta 11. (a) todos empatados; (b) 1, 3, 2 **PR** 1. (a) 80 J; (b) 67 J; (c) 13 J 3. 11 kJ 5. (a) 14 V; (b)  $1,0 \times 10^2$  W; (c)  $6,0 \times 10^2$  W; (d) 10 V; (e)  $1,0 \times 10^2$  W 7. (a) 0,50 A; (b) 1,0 W; (c) 2,0 W; (d) 6,0 W; (e) 3,0 W; (f) fornecendo; (g) recebendo 9. (a) 4,00  $\Omega$ ; (b) em paralelo 11.  $3,6 \times 10^3$  A 13. (a) 50 V; (b) 48 V; (c) negativo 15. (a) 6,9 km; (b) 20  $\Omega$  17. (a) 0,333 A; (b) para a direita; (c) 720 J 19. 8,0  $\Omega$  21. (a) 0,004  $\Omega$ ; (b) 1 23. 4,50  $\Omega$  25. 5,56 A 27. (a) 50 mA; (b) 60 mA; (c) 9,0 V 29. 3d 31. 48,3 V 33. (a) -11 V; (b) -9,0 V 35. 1,43  $\Omega$  37. (a) 0,67 A; (b) para baixo; (c) 0,33 A; (d) para cima; (e) 0,33 A; (f) para cima; (g) 3,3 V 39. (a) 5,25 V; (b) 1,50 V; (c) 5,25 V; (d) 6,75 V 41. (a) 0,150  $\Omega$ ; (b) 240 W 43. (a) 0,709 W; (b) 0,050 W; (c) 0,346 W; (d) 1,26 W; (e) -0,158 W 45. 9 47. (a) 1,11 A; (b) 0,893 A; (c) 126 m 49. -3,0% 51. (a) 0,45 A 53. (a) 55,2 mA; (b) 4,86 V; (c) 88,0  $\Omega$ ; (d) diminui 57. 4,61 59. (a) 2,41  $\mu\text{s}$ ; (b) 161 pF 61. 0,208 ms 63. 0,72 M $\Omega$  65. (a) 1,1 mA; (b) 0,55 mA; (c) 0,55 mA; (d) 0,82 mA; (e) 0,82 mA; (f) 0; (g)  $4,0 \times 10^2$  V; (h)  $6,0 \times 10^2$  V 67. 411  $\mu\text{A}$  69. (a) 0,955  $\mu\text{C}/\text{s}$ ; (b) 1,08  $\mu\text{W}$ ; (c) 2,74  $\mu\text{W}$ ; (d) 3,82  $\mu\text{W}$  71. (a) 3,0 kV; (b) 10 s; (c) 11 G $\Omega$  73. (a) 24,8  $\Omega$ ; (b) 14,9 k $\Omega$  75. (a)  $1,32 \times 10^7$  A/m<sup>2</sup>; (b) 8,90 V; (c) cobre; (d)  $1,32 \times 10^7$  A/m<sup>2</sup>; (e) 51,1 V; (f) ferro 77. o cabo 79. (a) 3,00 A; (b) 3,75 A; (c) 3,94 A 81. 20  $\Omega$  83. (a) 3,00 A; (b) para baixo; (c) 1,60 A; (d) para baixo; (e) fornece; (f) 55,2 W; (g) fornece; (h) 6,40 W 85. (a) 85,0  $\Omega$ ; (b) 915  $\Omega$  87. (a) 1,0 V; (b) 50 m $\Omega$  89. -13  $\mu\text{C}$  91. 4,0 V 93. 3 97. (a) 1,5 mA; (b) 0; (c) 1,0 mA 99. (a) 0; (b) 14,4 W 103. (a) 60,0 mA; (b) para baixo; (c) 180 mA; (d) para a esquerda; (e) 240 mA; (f) para cima 105. (a) 4,0 A; (b) para cima; (c) 0,50 A; (d) para baixo; (e) 64 W; (f) 16 W; (g) fornecendo; (h) absorvendo 107. (a) 1,00 A; (b) 24,0 W 109.  $1,00 \times 10^{-6}$  111. (b) sim

## Capítulo 28

**T** 1. a, +z; b, -x; c,  $\vec{F}_B = 0$  2. (a) 2 e depois 1 e 3 empatadas; (b) 4 3. (a) o elétron; (b) no sentido horário 4. -y 5. (a) todas empatadas; (b) 1 e 4 empatadas e depois 2 e 3 empatadas **P** 1. (a)  $\vec{F}_E$ ; (b)  $\vec{F}_B$  3. (a) não, porque  $\vec{v}$  e  $\vec{F}_B$  devem ser perpendiculares; (b) sim; (c) não, porque  $\vec{B}$  e  $\vec{F}_B$  devem ser perpendiculares 5. (a) +z e -z empatadas, depois +y e -y empatadas, depois +x e -x empatadas (zero); (b) +y 7. (a) negativa; (b) igual; (c) igual; (d)

semicircunferência **9.** (a)  $\vec{B}_1$ ; (b)  $\vec{B}_1$  para dentro do papel,  $\vec{B}_2$  para fora do papel; (c) menor **11.** (a) positivo; (b)  $2 \rightarrow 1$  e  $2 \rightarrow 4$  empatados,  $2 \rightarrow 3$  (que é zero) **PR 1.** (a)  $(6,2 \times 10^{-14} \text{ N})\hat{k}$ ; (b)  $(-6,2 \times 10^{-14} \text{ N})\hat{k}$  **3.** (a) 400 km/s; (b) 835 eV **5.**  $-2,0 \text{ T}$  **7.**  $-(0,267 \text{ mT})\hat{k}$  **9.**  $(-11,4 \text{ V/m})\hat{i} - (6,00 \text{ V/m})\hat{j} + (4,80 \text{ V/m})\hat{k}$  **11.** 0,68 MV/m **13.** 7,4  $\mu\text{V}$  **15.** (a)  $(-600 \text{ mV/m})\hat{k}$ ; (b) 1,20 V **17.** (a)  $2,05 \times 10^7 \text{ m/s}$ ; (b) 467  $\mu\text{T}$ ; (c) 13,1 MHz; (d) 76,3 ns **19.** 21,1  $\mu\text{T}$  **21.** (a) 0,978 MHz; (b) 96,4 cm **23.**  $1,2 \times 10^{-9} \text{ kg/C}$  **25.** (a)  $2,60 \times 10^6 \text{ m/s}$ ; (b) 0,109  $\mu\text{s}$ ; (c) 0,140 MeV; (d) 70,0 kV **27.** 65,3 km/s **29.** (a) 0,358 ns; (b) 0,166 mm; (c) 1,51 mm **31.** (a) 495 mT; (b) 22,7 mA; (c) 8,17 MJ **33.** 5,07 ns **35.**  $2,4 \times 10^2 \text{ m}$  **37.** (a) 200 eV; (b) 20,0 keV; (c) 0,499% **39.** (a) 467 mA; (b) para a direita **41.** (a) 28,2 N; (b) horizontal, para oeste **43.**  $(-2,50 \text{ mN})\hat{j} + (0,750 \text{ mN})\hat{k}$  **45.** (a) 0,10 T; (b)  $31^\circ$  **47.**  $(-4,3 \times 10^{-3} \text{ N} \cdot \text{m})\hat{j}$  **49.** 0,60  $\mu\text{N}$  **51.** (a) 542  $\Omega$ ; (b) em série; (c) 2,52  $\Omega$ ; (d) em paralelo **53.** 2,45 A **55.** (a) 12,7 A; (b) 0,0805  $\text{N} \cdot \text{m}$  **57.** (a)  $0,30 \text{ A} \cdot \text{m}^2$ ; (b)  $0,024 \text{ N} \cdot \text{m}$  **59.** (a)  $2,86 \text{ A} \cdot \text{m}^2$ ; (b)  $1,10 \text{ A} \cdot \text{m}^2$  **61.** (a)  $(-9,7 \times 10^{-4} \text{ N} \cdot \text{m})\hat{i} - (7,2 \times 10^{-4} \text{ N} \cdot \text{m})\hat{j} + (8,0 \times 10^{-4} \text{ N} \cdot \text{m})\hat{k}$ ; (b)  $-6,0 \times 10^{-4} \text{ J}$  **63.** (a)  $90^\circ$ ; (b) 1; (c)  $1,28 \times 10^{-7} \text{ N} \cdot \text{m}$  **65.** (a)  $-72,0 \mu\text{J}$ ; (b)  $(96,0\hat{i} + 48,0\hat{k}) \mu\text{N} \cdot \text{m}$  **67.** 127 u **69.** (a) 20 min; (b)  $5,9 \times 10^{-2} \text{ N} \cdot \text{m}$  **71.** 8,2 mm **73.**  $(-500 \text{ V/m})\hat{j}$  **75.** (a) 0,50; (b) 0,50; (c) 14 cm; (d) 14 cm **77.**  $-40 \text{ mC}$  **79.** (a)  $(12,8\hat{i} + 6,41\hat{j}) \times 10^{-22} \text{ N}$ ; (b)  $90^\circ$ ; (c)  $173^\circ$  **81.** (a)  $6,3 \times 10^{14} \text{ m/s}^2$ ; (b) 3,0 mm **83.** (a) 1,4; (b) 1,0 **85.**  $(0,80\hat{j} - 1,1\hat{k}) \text{ mN}$

### Capítulo 29

**T 1.** b, c, a **2.** d, depois a e c empatados, b **3.** d, a, b e c empatados (zero) **P 1.** c, d, depois a e b empatados (zero) **3.** a, c, b **5.** c, a, b **7.** (a) 1, 3, 2; (b) menor **9.** c e d empatados, depois b, a **11.** b, a, d, c (zero) **PR 1.** (a) 16 A; (b) leste **3.** (a) 3,3  $\mu\text{T}$ ; (b) sim **5.** (a) 0,102  $\mu\text{T}$ ; (b) para fora **7.** (a) opostos; (b) 30 A **9.** (a) 4,3 A; (b) para fora **11.** (a) 1,0 mT; (b) para fora; (c) 0,80 mT; (d) para fora **13.**  $(-7,75 \times 10^{-23} \text{ N})\hat{i}$  **15.** 2,00 rad **17.** 50,3 nT **19.**  $(80 \mu\text{T})\hat{j}$  **21.** 132 nT **23.** (a) 1,7  $\mu\text{T}$ ; (b) para dentro do papel; (c) 6,7  $\mu\text{T}$ ; (d) para dentro do papel **25.** 61,3 mA **27.** 5,0  $\mu\text{T}$  **29.** 256 nT **31.**  $(22,3 \text{ pT})\hat{j}$  **33.** (a) 20  $\mu\text{T}$ ; (b) para dentro do papel **35.** 88,4 pN/m **37.** 800 nN/m **39.**  $(-125 \mu\text{N/m})\hat{i} + (41,7 \mu\text{N/m})\hat{j}$  **41.**  $(3,20 \text{ mN})\hat{j}$  **43.** (a)  $-2,5 \mu\text{T} \cdot \text{m}$ ; (b) 0 **45.** (a) 0; (b) 0,850 mT; (c) 1,70 mT; (d) 0,850 mT **47.** (a) 0; (b) 0,10  $\mu\text{T}$ ; (c) 0,40  $\mu\text{T}$  **49.** 0,30 mT **51.** (a) 533  $\mu\text{T}$ ; (b) 400  $\mu\text{T}$  **53.** (a) 4,77 cm; (b) 35,5  $\mu\text{T}$  **55.** 0,272 A **57.**  $0,47 \text{ A} \cdot \text{m}^2$  **59.** (a)  $2,4 \text{ A} \cdot \text{m}^2$ ; (b) 46 cm **61.** (a)  $(0,060 \text{ A} \cdot \text{m}^2)\hat{j}$ ; (b)  $(96 \text{ pT})\hat{j}$  **63.** (a) 79  $\mu\text{T}$ ; (b)  $1,1 \times 10^{-6} \text{ N} \cdot \text{m}$  **65.** (a) 15,3  $\mu\text{T}$  **67.** (a) 15 A; (b)  $-z$  **69.** 7,7 mT **71.** (a)  $(0,24\hat{i}) \text{ nT}$ ; (b) 0; (c)  $(-43\hat{k}) \text{ pT}$ ; (d)  $(0,14\hat{k}) \text{ nT}$  **73.** 1,28 mm **77.**  $(-0,20 \text{ mT})\hat{k}$  **85.** (a) 4,8 mT; (b) 0,93 mT; (c) 0 **93.** (a)  $\mu_0 i r / 2\pi c^2$ ; (b)  $\mu_0 i l / 2\pi r$ ; (c)  $\mu_0 i (a^2 - r^2) / 2\pi (a^2 - b^2) r$ ; (d) 0

### Capítulo 30

**T 1.** b, depois d e e empatados, depois a e c empatados (zero) **2.** a e b empatados, c (zero) **3.** c e d empatados, depois a e b empatados **4.** b, para fora; c, para fora; d, para dentro; e, para dentro **5.** d ou e **6.** (a) 2, 3, 1 (zero); (b) 2, 3, 1 **7.** a e b empatados, c **P 1.** (a) todas empatadas (zero); (b) 2, depois 1 e 3 empatadas (zero) **3.** para fora **5.** d e c empatadas, b, a **7.** (a) todos empatados (zero); (b) 1 e 2 empatados, 3; (c) todos empatados (zero) **9.** (a) maior; (b) igual; (c) igual; (d) igual (zero) **PR 1.** (a) 31 mV; (b) para a esquerda **3.** 0,198 mV **5.** 30 mA **7.** 0 **9.** 0 **11.** (a) 21,7 V; (b) o sentido anti-horário **13.** (b) 0,796  $\text{m}^2$  **15.** (a) 40 Hz; (b) 3,2 mV **17.**

5,50 kV **19.** 29,5 mC **21.** (a)  $\mu_0 i R^2 \pi r^2 / 2x^3$ ; (b)  $3\mu_0 i \pi R^2 r^2 v / 2x^4$ ; (c) anti-horário **23.** (a)  $1,26 \times 10^{-4} \text{ T}$ ; (b) 0; (c)  $1,26 \times 10^{-4} \text{ T}$ ; (d) sim; (e)  $5,04 \times 10^{-8} \text{ V}$  **25.** (a) 80  $\mu\text{V}$ ; (b) horário **27.** (a) 13  $\mu\text{Wb/m}$ ; (b) 17%; (c) 0 **29.** 3,68  $\mu\text{W}$  **31.** (a) 48,1 mV; (b) 2,67 mA; (c) 0,129 mW **33.** (a) 0,60 V; (b) para cima; (c) 1,5 A; (d) horário; (e) 0,90 W; (f) 0,18 N; (g) 0,90 W **35.** (a) 240  $\mu\text{V}$ ; (b) 0,600 mA; (c) 0,144  $\mu\text{W}$ ; (d)  $2,87 \times 10^{-8} \text{ N}$ ; (e) 0,144  $\mu\text{W}$  **37.** (a) 71,5  $\mu\text{V/m}$ ; (b) 143  $\mu\text{V/m}$  **39.** 0,15 V/m **41.** (a) 2,45 mWb; (b) 0,645 mH **43.** 1,81  $\mu\text{H/m}$  **45.** (a) aumentando; (b) 0,68 mH **47.** (b)  $L_{\text{eq}} = \sum L_j$ , de  $j = 1$  a  $j = N$  **49.** 59,3 mH **51.** 6,91 **53.** 46  $\Omega$  **55.** (a) 8,45 ns; (b) 7,37 mA **57.** (a) 1,5 s **59.** (a)  $i[1 - \exp(-Rt/L)]$ ; (b)  $(L/R) \ln 2$  **61.** 25,6 ms **63.** (a) 97,9 H; (b) 0,196 mJ **65.** (a) 18,7 J; (b) 5,10 J; (c) 13,6 J **67.**  $1,5 \times 10^8 \text{ V/m}$  **69.** (a) 34,2  $\text{J/m}^3$ ; (b) 49,4 mJ **71.** (a)  $1,0 \text{ J/m}^3$ ; (b)  $4,8 \times 10^{-15} \text{ J/m}^3$  **73.** (a) 1,67 mH; (b) 6,00 mWb **75.** (b) enrolando as espiras dos dois solenóides em sentidos opostos **77.** 13  $\mu\text{H}$  **79.** (a)  $(4,4 \times 10^7 \text{ m/s}^2)\hat{i}$ ; (b) 0; (c)  $(-4,4 \times 10^7 \text{ m/s}^2)\hat{i}$  **81.** (a) 0,40 V; (b) 20 A **83.** 1,15 W **85.** (a) 2,0 A; (b) 0; (c) 2,0 A; (d) 0; (e) 10 V; (f) 2,0 A/s; (g) 2,0 A; (h) 1,0 A; (i) 3,0 A; (j) 10 V; (k) 0; (l) 0 **87.** 0,520 ms **89.** 12 A/s **91.** (a) 10 A; (b)  $1,0 \times 10^2 \text{ J}$  **93.** (a) 20 A/s; (b) 0,75 A **95.** (a) 0; (b)  $8,0 \times 10^2 \text{ A/s}$ ; (c) 1,8 mA; (d)  $4,4 \times 10^2 \text{ A/s}$ ; (e) 4,0 mA; (f) 0 **97.** (a) 10  $\mu\text{T}$ ; (b) para fora; (c) 3,3  $\mu\text{T}$ ; (d) para fora **99.** (a) 3,28 ms; (b) 6,45 ms; (c)  $\infty$ ; (d) 0; (e) 3,00 ms **101.** (a) 400 A/s; (b) 200 A/s; (c) 0,600 A **103.** 21 mA

### Capítulo 31

**T 1.** (a)  $T/2$ ; (b)  $T$ ; (c)  $T/2$ ; (d)  $T/4$  **2.** (a) 5 V; (b) 150  $\mu\text{J}$  **3.** (a) permanece a mesma; (b) permanece a mesma **4.** (a) C, B, A; (b) 1, A; 2, B; 3, S; 4, C; (c) A **5.** (a) permanece a mesma; (b) aumenta **6.** (a) 1, atrasada; 2, adiantada; 3, em fase; (b) 3 ( $\omega_d = \omega$  para  $X_L = X_C$ ) **7.** (a) aumentar (o circuito é mais capacitivo que indutivo; devemos aumentar C para diminuir  $X_C$  e aproximar o circuito da ressonância, na qual  $P_{\text{méd}}$  é máxima); (b) aproxima **8.** (a) maior; (b) elevador **P 1.** (a)  $T/4$ ; (b)  $T/4$ ; (c)  $T/2$ ; (d)  $T/2$  **3.** b, a, c **5.** c, b, a **7.** a, indutor; b, resistor; c, capacitor **9.** (a) para a direita, maior ( $X_L$  aumenta, o circuito se aproxima da ressonância); (b) para a direita, aumenta ( $X_C$  diminui, o circuito se aproxima da ressonância); (c) para a direita, aumenta ( $\omega_d/\omega$  aumenta, o circuito se aproxima da ressonância) **11.** (a) positiva; (b) diminuir (para diminuir  $X_L$  e aproximar o circuito da ressonância); (c) diminuir (aumentar  $X_C$  e aproximar o circuito da ressonância) **PR 1.** (a) 6,00  $\mu\text{s}$ ; (b) 167 kHz; (c) 3,00  $\mu\text{s}$  **3.** 45,2 mA **5.** (a) 1,17  $\mu\text{J}$ ; (b) 5,58 mA **7.** (a) 1,25 kg; (b) 372 N/m; (c)  $1,75 \times 10^{-4} \text{ m}$ ; (d) 3,02 mm/s **9.**  $7,0 \times 10^{-4} \text{ s}$  **11.** (a) 275 Hz; (b) 365 mA **13.** (a) 3,0 nC; (b) 1,7 mA; (c) 4,5 nJ **15.** (a) 6,0; (b) 36 pF; (c) 0,22 mH **17.** (a) 356  $\mu\text{s}$ ; (b) 2,50 mH; (c) 3,20 mJ **19.** (a) 1,98  $\mu\text{J}$ ; (b) 5,56  $\mu\text{C}$ ; (c) 12,6 mA; (d)  $-46,9^\circ$ ; (e)  $+46,9^\circ$  **21.** (a) 0,180 mC; (b) 70,7  $\mu\text{s}$ ; (c) 66,7 W **25.** 8,66 m $\Omega$  **29.** (a) 0,65 kHz; (b) 24  $\Omega$  **31.** (a) 95,5 mA; (b) 11,9 mA **33.** (a) 6,73 ms; (b) 11,2 ms; (c) um indutor; (d) 138 mH **35.** (a) 267  $\Omega$ ; (b)  $-41,5^\circ$ ; (c) 135 mA **37.** (a) 218  $\Omega$ ; (b) 23,4 $^\circ$ ; (c) 165 mA **39.** (a) 206  $\Omega$ ; (b) 13,7 $^\circ$ ; (c) 175 mA **41.** 7,61 A **43.** 89  $\Omega$  **45.** (a) 224 rad/s; (b) 6,00 A; (c) 219 rad/s; (d) 228 rad/s; (e) 0,040 **47.** (a) sim; (b) 1,0 kV **51.** (a) 796 Hz; (b) permanece a mesma; (c) diminui; (d) aumenta **53.** 1,84 A **55.** (a) 12,1  $\Omega$ ; (b) 1,19 kW **57.** (a) 0,743; (b) adiantada; (c) capacitivo; (d) não; (e) sim; (f) não; (g) sim; (h) 33,4 W; (i) porque, como são dados os valores da tensão e da corrente da fonte, a reatância da carga é conhecida **59.** (a) 117  $\mu\text{F}$ ; (b) 0; (c) 90,0 W; (d) 0 $^\circ$ ; (e) 1; (f) 0; (g)  $-90^\circ$ ; (h) 0 **61.** (a) 2,59 A; (b) 38,8 V; (c) 159 V; (d) 224 V; (e) 64,2 V; (f) 75,0 V; (g) 100 W; (h) 0; (i) 0 **63.** (a) 2,4 V; (b) 3,2 mA; (c) 0,16 A **65.** (a) 1,9 V; (b) 5,9 W;

(c) 19 V; (d)  $5,9 \times 10^2$  W; (e) 0,19 kV; (f) 59 kW **69.** (a) 39,1  $\Omega$ ; (b) 21,7  $\Omega$ ; (c) capacitivo **71.** (a) 45,0°; (b) 70,7  $\Omega$  **73.** (a) 0,689  $\mu$ H; (b) 17,9 pJ; (c) 0,110  $\mu$ C **75.** (a) 2,41  $\mu$ H; (b) 21,4 pJ; (c) 82,2 nC **77.** (a) 64,0  $\Omega$ ; (b) 50,9  $\Omega$ ; (c) capacitivo **79.** (a) -0,405 rad; (b) 2,76 A; (c) capacitivo **81.** 1,84 kHz **83.** (a) 0,577 Q; (b) 0,152 **87.** (a) 6,73 ms; (b) 2,24 ms; (c) um capacitor; (d) 59,0  $\mu$ F **91.** (a) 165  $\Omega$ ; (b) 313 mH; (c) 14,9  $\mu$ F **93.** (a) 168  $\Omega$ ; (b) diminuir; (c) diminuir; (d) diminuir **95.** 7,08 mH **97.** (a) 4,00  $\mu$ F, 5,00  $\mu$ F, 5,00  $\mu$ F, 5,00  $\mu$ F; (b) 1,78 kHz, 1,59 kHz, 1,59 kHz, 1,59 kHz; (c) 12,0  $\Omega$ , 12,0  $\Omega$ , 6,00  $\Omega$ , 4,00  $\Omega$ ; (d) 19,8  $\Omega$ , 22,4  $\Omega$ , 19,9  $\Omega$ , 19,4  $\Omega$ ; (e) 0,605 A, 0,535 A, 0,603 A, 0,619 A

### Capítulo 32

**T** **1.** d, b, c, a (zero) **2.** a, c, b, d (zero) **3.** b, c e d empatados, a **4.** (a) 2; (b) 1 **5.** (a) afastá-las; (b) na direção oposta; (c) menor **6.** (a) aproximá-las; (b) na direção do ímã; (c) menor **P** **1.** a, diminuindo; b, diminuindo **3.** 1 a, 2 b, 3 c e d **5.** (a) a e b empatados, c, d; (b) nenhuma (a placa não possui simetria circular); (c) nenhuma **7.** (a) 1 para cima, 2 para cima, 3 para baixo; (b) 1 para baixo, 2 para cima, 3 nula **9.** ganha energia **11.** (a) 1, 3, 2; (b) 2 **PR** **1.** +3 Wb **3.** (a) 47,4

$\mu$ Wb; (b) para dentro **5.**  $2,4 \times 10^{13}$  V/m  $\cdot$  s **7.** (a) 1,9 pT **9.** (a)  $1,18 \times 10^{-19}$  T; (b)  $1,06 \times 10^{-19}$  T **11.** (a)  $5,01 \times 10^{-22}$  T; (b)  $4,51 \times 10^{-22}$  T **15.**  $7,5 \times 10^5$  V/s **17.** (a) 0,63  $\mu$ T; (b)  $2,3 \times 10^{12}$  V/m  $\cdot$  s **19.** (a) 0,71 A; (b) 0; (c) 2,8 A **21.** (a) 2,0 A; (b)  $2,3 \times 10^{11}$  V/m  $\cdot$  s; (c) 0,50 A; (d) 0,63  $\mu$ T  $\cdot$  m **23.** (a) 0,324 V/m; (b)  $2,87 \times 10^{-16}$  A; (c)  $2,87 \times 10^{-18}$  **25.** (a) 75,4 nT; (b) 67,9 nT **27.** (a) 27,9 nT; (b) 15,1 nT **29.** (a) 7,60  $\mu$ A; (b) 859 kV  $\cdot$  m/s; (c) 3,39 mm; (d) 5,16 pT **31.** 55  $\mu$ T **33.** (a)  $-9,3 \times 10^{-24}$  J/T; (b)  $1,9 \times 10^{-23}$  J/T **35.** (a) 0; (b) 0; (c) 0; (d)  $\pm 3,2 \times 10^{-25}$  J; (e)  $-3,2 \times 10^{-34}$  J  $\cdot$  s; (f)  $2,8 \times 10^{-23}$  J/T; (g)  $-9,7 \times 10^{-25}$  J; (h)  $\pm 3,2 \times 10^{-25}$  J **37.** (b) +x; (c) horário; (d) +x **39.** 20,8 mJ/T **41.** sim **43.** (b)  $K/B$ ; (c) -z; (d) 0,31 kA/m **47.** (a) 3,0  $\mu$ T; (b)  $5,6 \times 10^{-10}$  eV **49.**  $5,15 \times 10^{-24}$  A  $\cdot$  m<sup>2</sup> **51.** (a) 0,14 A; (b) 79  $\mu$ C **53.** (a)  $1,8 \times 10^2$  km; (b)  $2,3 \times 10^{-5}$  **57.** (a)  $6,3 \times 10^8$  A; (b) sim; (c) não **59.** (a) 27,5 mm; (b) 110 mm **61.** (a) 7; (b) 7; (c)  $3h/2\pi$ ; (d)  $3eh/4\pi m$ ; (e)  $3,5h/2\pi$ ; (f) 8 **63.** (a) 9; (b)  $3,71 \times 10^{-23}$  J/T; (c)  $+9,27 \times 10^{-24}$  J; (d)  $-9,27 \times 10^{-24}$  J **65.** 0,84 kJ/T **67.** (a)  $-8,8 \times 10^{15}$  V/m  $\cdot$  s; (b)  $5,9 \times 10^{-7}$  T  $\cdot$  m **69.** (a)  $(1,2 \times 10^{-13} \text{ T}) \exp[-t/(0,012 \text{ s})]$ ; (b)  $5,9 \times 10^{-15}$  T **71.** 8,0 A **73.** (b) -x; (c) anti-horário; (d) -x **75.** (b) negativo; (c) não, porque existe um fluxo positivo penetrando na base do cilindro mais próxima do ímã