

MICHAEL J. MORAN | HOWARD N. SHAPIRO
DAISIE D. BOETTNER | MARGARET B. BAILEY

PRINCÍPIOS DE TERMODINÂMICA PARA ENGENHARIA

MATERIAL SUPLEMENTAR PARA ACOMPANHAR

SÉTIMA EDIÇÃO

MATERIAL SUPLEMENTAR PARA ACOMPANHAR

PRINCÍPIOS DE TERMODINÂMICA PARA ENGENHARIA

SÉTIMA EDIÇÃO

Michael J. Moran

The Ohio State University

Howard N. Shapiro

Wayne State University

Daisie D. Boettner

Colonel, U.S. Army

Margaret B. Bailey

Rochester Institute of Technology

Tradução e Revisão Técnica

Gisele Maria Ribeiro Vieira, D.Sc.

Professora Adjunta do Departamento de Engenharia Mecânica do CEFET/RJ
(Capítulos 1 a 7, 9, 10 e Materiais Suplementares)

Paulo Pedro Kenedi, D.Sc.

Professor Adjunto do Departamento de Engenharia Mecânica do CEFET/RJ
(Capítulos 12, 13 e 14)

Fernando Ribeiro da Silva, D.Sc.

Professor Associado do Departamento de Engenharia Mecânica do CEFET/RJ
(Capítulos 8 e 11)



O Material Suplementar contém apresentações com texto e ilustrações, manual de soluções, animações, respostas dos problemas selecionados, programa Interactive Thermodynamics (IT), soluções para IT e para problemas de computador em formato .ees que podem ser usados como apoio para o livro **PRINCÍPIOS DE TERMODINÂMICA PARA ENGENHARIA, SETIMA EDIÇÃO**, 2013. O acesso aos materiais suplementares desta edição está sujeito ao cadastramento no site da LTC — LIVROS TÉCNICOS E CIENTÍFICOS EDITORA LTDA.

Materiais Suplementares traduzidos do material original:

- Animações arquivos em formato .swf contendo animações que reforçam as representações textuais (acesso livre);
- Ilustrações da obra em formato de apresentação (acesso restrito a docentes);
- Respostas dos Problemas Selecionados arquivos em formato (.pdf) contendo resposta de alguns problemas do livro-texto (acesso livre).

Material Suplementar compilado do site que acompanha a edição em inglês:

- EES Solutions arquivos em formato .ees contendo soluções para todos os problemas de computadores resolvidos com o software Interactive Thermodynamics IT3-1, em inglês (acesso restrito a docentes);
- Interactive Thermodynamics software disponibilizado para ser utilizado com os problemas de computadores, em inglês (acesso restrito a docentes);
- IT Solutions arquivos em formato .it contendo soluções para todos os problemas de computadores resolvidos com o software Interactive Thermodynamics IT3-1, em inglês (acesso restrito a docentes);
- Lecture Slides arquivos em formato .ppt contendo apresentações para serem utilizadas em sala de aula, em inglês (acesso restrito a docentes);
- Solutions Manual arquivos em formato .pdf contendo solução para os problemas do livro-texto, em inglês (acesso restrito a docentes).

Material Suplementar traduzido do material original:

FUNDAMENTALS OF ENGINEERING THERMODYNAMICS, SEVENTH EDITION

Copyright © 2011, 2008, 2004, 2000, 1996, 1993, 1988 by John Wiley & Sons, Inc.

All Rights Reserved. This translation published under license with the original publisher John Wiley & Sons Inc.

ISBN: 978-0470-91768-8

Material Suplementar compilado do site que acompanha a edição em inglês:

FUNDAMENTALS OF ENGINEERING THERMODYNAMICS, SEVENTH EDITION

Reprinted by permission of John Wiley & Sons, Inc. Copyright © 2011 by John Wiley & Sons, Inc. All Rights Reserved.

ISBN: 978-0470-91768-8

Obra publicada pela LTC Editora:

PRINCÍPIOS DE TERMODINÂMICA PARA ENGENHARIA, SÉTIMA EDIÇÃO

Direitos exclusivos para a língua portuguesa

Copyright © 2013 by

LTC — Livros Técnicos e Científicos Editora Ltda.

Uma editora integrante do GEN | Grupo Editorial Nacional

Tradução e adaptação das animações online:

Jaqueline Maria Ribeiro Vieira, MSc

Capa: Leonidas Leite

Imagem de Capa: Vladimirdreams | Dreamstime.com

Editoração Eletrônica: Edel

Respostas dos Problemas Selecionados

Capítulo 1

- 1.6 (a) 2500
- 1.9 (a) Ar: 579,4
- 1.11 2.66
- 1.16 para baixo
- 1.20 (b) 12, 0,704
- 1.23 (a) 3,07, 0,17
- 1.28 1,3
- 1.32 (a) 5,11
- 1.35 750, 29,53
- 1.38 30,49
- 1.43 23,3
- 1.46 (a) 13,23
- 1.49 3,06
- 1.52 2258,15, 4064,67, 3605
- 1.59 (b) V, (c) F
- 1.61 (b) V, (e) F

Capítulo 2

- 2.2 97,8
- 2.6 -4800
- 2.10 151,9
- 2.14 634,92
- 2.16 11,23
- 2.21 68
- 2.25 (a) 0,033
- 2.28 (b) -1285,7
- 2.31 5,625
- 2.34 (a) 0,8
- 2.37 (b) 9
- 2.41 (b) $-1,25 \times 10^{-5}$
- 2.44 (b) 25,6
- 2.50 255
- 2.55 1,47
- 2.60 (b) 85
- 2.64 (b) -50,4
- 2.69 (b) 262,8
- 2.72 (b) 40%
- 2.76 ciclo de potência
- 2.80 30,8%
- 2.84 (a) 200
- 2.87 0,45, 3
- 2.90 (b) 7,52
- 2.94 (b) V, (d) F
- 2.96 (b) V, (c) F

Capítulo 3

- 3.6 (b) vapor, (c) líquido, (e) sólido
- 3.9 Em 1,0, 333,58
- 3.11 (b) 0,4824
- 3.16 0,645
- 3.20 0,025
- 3.23 0,561
- 3.28 54,99
- 3.32 1000, 401,04, -147,6
- 3.37 12,9
- 3.40 (a) 100,56, 0,2675
- 3.44 (a) 133,6, 2196,7
- 3.47 407,6
- 3.51 (c) 80,3
- 3.54 (a) 2,8, (b) 2772,57
- 3.59 (c) 2583
- 3.61 (a) 0,83
- 3.65 143,9, 3,193, 90,66%
- 3.71 (b) Processo 1-2: 0, 440,2
- 3.74 -204,42, 1083,3
- 3.77 5%
- 3.80 -371, -69,1
- 3.84 12,75, 491,01
- 3.89 49,3
- 3.95 60,9
- 3.100 (a) 11,31
- 3.105 366,89
- 3.109 +7,4%
- 3.115 354,6
- 3.118 0,193, -9,16
- 3.122 1857
- 3.127 (c) 0,12
- 3.134 840,8
- 3.138 Processo 2-3: 0, -250
- 3.141 (b) 8%
- 3.146 (b) F, (d) F
- 3.148 (a) V, (d) F

Capítulo 4

- 4.4 (b) 1590
- 4.9 (a) 0,351
- 4.13 Em 2: 20,3
- 4.17 (b) 7,72
- 4.23 -650
- 4.28 (a) 82
- 4.34 (a) 2,96
- 4.37 45
- 4.42 74,26
- 4.47 133,1
- 4.50 (b) 17.565
- 4.53 -26,6
- 4.56 27,1
- 4.60 86,04
- 4.64 (b) 341
- 4.70 (b) -1,12
- 4.74 $9,06 \times 10^6$
- 4.79 14,59
- 4.82 120,01
- 4.88 0,89
- 4.94 (a) (ii) F, (b) (iii) V, (c) (i) V
- 4.97 (a) 4,67
- 4.100 (a) 0,49
- 4.106 (c) 68%
- 4.108 (b) 16.213
- 4.110 (b) -1
- 4.112 685,9, 2,27
- 4.116 33,53, 2551
- 4.119 392,3
- 4.124 (a) 0,903, 2546,5
- 4.128 1043

Capítulo 5

- 5.3 (c) Impossível, (d) Indeterminado, (e) Possível
- 5.6 (b) F, (d) V
- 5.16 71,6° F
- 5.17 (a) Irreversivelmente, (c) Impossível
- 5.20 (b) 1610, 610
- 5.24 1000
- 5.28 2700
- 5.32 3
- 5.36 750
- 5.41 Diminuiria T_C
- 5.45 (b) 55
- 5.50 (a) Afirmação inválida
- 5.53 5
- 5.59 (a) 150
- 5.62 (c) 29,3
- 5.65 (a) 0,8
- 5.69 (a) 8,23
- 5.73 (a) 500
- 5.77 (c) 20,88%
- 5.81 (b) 38,4%
- 5.85 (c) 20%
- 5.88 (a) Impossível
- 5.93 (b) F, (e) F
- 5.95 (b) V, (e) V

Capítulo 6

- | | | | |
|------|---------------------------------------|-------|--------------------------------|
| 6.1 | (c) 4,4468 | 6.96 | (b) 35 |
| 6.4 | (a) $-1,43749$ | 6.99 | 2,12 |
| 6.8 | (e) 0,188 | 6.103 | Afirmção incorreta |
| 6.11 | $-0,0197$ | 6.105 | (b) 0,0129 |
| 6.16 | 0,5 | 6.110 | (a) $-131,4$ |
| 6.20 | 1-2: 0, $-254,25$ | 6.114 | (a) $-50,4$, 0,403 |
| 6.23 | 65,6, 873,3 | 6.118 | (c) 1,87 |
| 6.27 | (b) 375 | 6.122 | (b) 1938 |
| 6.32 | (c) 75% | 6.128 | (c) 107 |
| 6.36 | (c) negativa, (d) positiva | 6.134 | 1,034, 447,8 |
| 6.40 | (b) 500 | 6.138 | mistura bifásica líquido-vapor |
| 6.44 | (b) 2,5265 | 6.144 | 91,6% |
| 6.48 | Não, do sistema | 6.148 | 89,8% |
| 6.53 | Afirmção inválida | 6.153 | (b) 78,4% |
| 6.58 | (b) $10,2 \times 10^{-5}$ | 6.158 | (a) 2949 |
| 6.62 | (a) 295,9 | 6.161 | (a) 4,37 |
| 6.67 | (a) 697,4 | 6.165 | (b) 33,2% |
| 6.69 | (a) 0,3709 | 6.170 | (b) 2,11 |
| 6.74 | (b) $T_H \geq T'_H$, $T'_C \geq T_C$ | 6.173 | (a) $-69,5$, $-13,14$ |
| 6.78 | 0,591 | 6.177 | -20 |
| 6.80 | (b) inferior, (c) superior | 6.181 | Não |
| 6.85 | (b) 0,117 | 6.184 | 1,54 |
| 6.89 | 0,079 | 6.187 | (b) F, (e) V |
| 6.92 | (b) 0,072 | 6.189 | (a) F, (e) F |
| 6.95 | 0,328 | | |

Capítulo 7

- 7.1 (b) diminui
- 7.4 dióxido de carbono
- 7.11 1044,5
- 7.15 5,016
- 7.19 0,692
- 7.23 (c) -996,2
- 7.26 (b) -6.260
- 7.29 (c) -96,2
- 7.33 -713,3, 463,5
- 7.36 46,4
- 7.41 (a) -0,078
- 7.44 (b) 0,187
- 7.50 (a) 2317, 82,7
- 7.54 (b) 5,9
- 7.58 538,1, 177,12
- 7.63 (b) 39,5
- 7.67 (c) 1,66
- 7.69 57,6
- 7.73 (a) 1150, (b) 14,5
- 7.77 (b) 149,9
- 7.82 393,6
- 7.86 (a) 725,5
- 7.90 (a) 217, 0
- 7.92 (a) -219
- 7.97 (b) 19,63, 5,37
- 7.100 83,3%
- 7.105 (b) 65,67
- 7.109 (a) 90%
- 7.113 81,7%
- 7.116 (a) 36,24, 78,5%, 71,9%
- 7.121 (b) $\varepsilon > 70\%$
- 7.122 (a) 91,9%
- 7.127 17,8
- 7.132 (a) 12,75, (b) 2,77
- 7.135 (c) 87,8%
- 7.138 7,82
- 7.141 (a) 1, 5,5
- 7.143 (a) F, (d) V, (f) F
- 7.145 (a) V, (c) V, (e) V

Capítulo 8

- 8.1 2563,1, 1575,7, 0,385
- 8.3 (a) 0,47096, (b) 0,3788, (c) 1317,1, (c) 697,5
- 8.7 (a) $1,112 \times 10^5$, (b) $2,869 \times 10^5$, (c) 0,388, (d) 2335
- 8.12 Para $p_{\text{cond}} = 12$ bar: 0,0294, $6,56 \times 10^6$, $35,5 \times 10^6$
- 8.15 (a) 0,223, (b) 0,677, (c) 1155,1, (d) 897
- 8.20 (a) 9426, (b) 0,359, (c) 223,1
- 8.24 (a) 0,892, 0,362, $6,41 \times 10^3$
- 8.27 0,442
- 8.29 (a) 3914, (b) 0,419, (c) 2274
- 8.32 (a) 0,449, 0,8695
- 8.34 (a) 265,2, 165,2, 0,377
- 8.37 (a) 2614, (b) 0,442, (c) 1458
- 8.40 (a) 0,455, (b) $9,93 \times 10^5$
- 8.42 (a) 0,424, (c) $8,88 \times 10^5$
- 8.46 (a) $1,498 \times 10^5$, (b) $3,22 \times 10^5$, (c) 0,465, (d) 2292
- 8.49 (a) 2624, (b) 0,427, (c) 1504
- 8.52 (a) 0,434, (b) $9,91 \times 10^5$
- 8.54 (a) 2622, (b) 0,442, (c) 1464
- 8.57 (a) $1,45 \times 10^5$, (b) $3,23 \times 10^5$, (c) 0,447, (d) 2376
- 8.58 (a) $1,26 \times 10^5$, (b) $3,23 \times 10^5$, (c) 0,390, (d) 2623
- 8.60 (a) 2396, (b) 0,459, (c) 1297
- 8.63 (a) 0,463, (b) $9,31 \times 10^5$
- 8.67 (a) $1,340 \times 10^5$, (b) $2,854 \times 10^5$, (c) 0,4695, (d) 1354
- 8.69 (a) 2895, (b) 0,459, (c) 1566
- 8.74 (b) 0,463, (c) $1,59 \times 10^6$
- 8.76 (a) 17,98, 2,15, (b) 46,4, (c) 0,431
- 8.81 (a) 4×10^3 , $2,76 \times 10^3$, (b) $3,55 \times 10^6$, $2,45 \times 10^6$, (c) $2,25 \times 10^6$, 0,747
- 8.84 (a) 2112, (b) 1439, (c) 673, (d) 0,681
- 8.87 aquecedor fechado: 4596 kW, 0,0296, aquecedor aberto: 3005 kW, 0,0193
- 8.90 Entrada: $6,48 \times 10^9$
Saída: 5×10^9 ; Perda no condensador: $7,01 \times 10^8$; Exergia total destruída: $7,77 \times 10^9$

Capítulo 9

- 9.1 (a) 709,3, (b) 0,525 (c) 927
 9.3 (a) 0,672, (b) 0,3397, (c) 0,506, (d) 9,71
 9.8 (a) 4706, (b) 1028, (c) 0,566
 9.14 0,217, 36,8
 9.18 (b) 855, (c) 0,611, (c) 379,2
 9.21 (a) 22,0, (b) 2,08, (c) 0,657, (d) 883
 9.28 4,90, 123, 0,525
 9.31 (a) 0,03, (b) adição de calor: 18,16, rejeição de calor: 7,538, (c) trabalho líquido: 10,62, eficiência térmica: 0,585
 9.34 (a) $T_3 = 1508$, $T_4 = 2073$, (b) 713, (c) 0,511, (d) 932
 9.36 (a) $T_3 = 1695$, $T_4 = 2389$, (b) 794, (c) 0,569, (d) 1040
 9.40 (a) 12,54, (b) 7,86, (c) 90,6, (d) 0,627
 9.45 (a) 0,482, (b) 0,414, (c) 2386
 9.47 (a) 0,498, (b) $6,46 \times 10^6$, (c) $1,69 \times 10^9$
 9.52 (a) 0,254, (b) 0,646, (c) 1151, (d) 207, 308
 9.55 (a) 9495, (b) 1206, 1452, (c) 0,342
 9.56 (a) 10710, (b) 1227, 1347, (c) 0,350
 9.62 (a) 0,328, (b) 0,646, (c) 1150, (d) 23,0
 9.64 Para $\eta_{\text{reg}} = 0,78$: (a) 0,398, (b) 14,1%
 9.68 (a) 0,262, (b) 0,652, (c) $5,56 \times 10^7$
 9.69 (a) estágio 1: 366, estágio 2: 371, (b) 366, (c) 15,2%
 9.70 Para $p_2 = 350$ e $\eta_{t1} = \eta_{t2} = 0,8$: (a) estágio 1: 293, estágio 2: 297, (b) 293, (c) 15,2%
 9.74 Com inter-resfriamento: 49,7, sem inter-resfriamento: 60,1, percentual de redução: 17,4%
 9.77 (a) 0,398, (b) 0,541, (c) 1494, (d) 123 (em cada estágio do compressor), turbina: 308, regenerador: 125
 9.81 (a) 0,444, (b) 0,465, (c) 2024, (d) 123 (em cada estágio do compressor), 136 (em cada estágio do turbina), regenerador: 230
 9.84 (a) Estados numerados como na Fig. 9.25

Estado	P	T
1	36,91	254,2
2	406,0	545,2
3	406,0	1400
4	193,4	1130
5	26	719,3

- (b) $2,41 \times 10^4$, (c) 986
 9.87 1050
 9.89 (a) 25,2, (b) 2880
 9.91 (a) 10,0, (b) 296
 9.93 (a) vapor: $5,23 \times 10^5$, água de resfriamento: $1,63 \times 10^7$, (b) turbina a gás: $3,93 \times 10^7$, ciclo a vapor: $19,5 \times 10^7$, (c) 0,324
 9.98 (a) 3635, (b) 0,786, (c) 0,214
 9.101 (a) 4,19, (b) 0,690, (c) 5,89
 9.103 19,15
 9.107 48,33
 9.110 6,28 (sentido oposto ao do escoamento)
 9.112 (a) 1118, (b) 1382, (c) 1059
 9.115 Para $T = 250$: 1,85
 9.118 (a) 1318, (b) 645, (c) 600

- 9.121 (a) 4,24, 418, (b) 4,46, 447, (c) 4,34, 432
9.124 escoamento estrangulado: (a) 606, (b) 536, (c) 1,995
9.127 (a) 19,8, (b) 0,577, (c) convergente-divergente
9.130 a vazão mássica é a mesma em ambos os casos: 0,497, bocal supersônico: $p_2 = 0,769$,
 $T_2 = 205$, difusor supersônico: $p_2 = 7,70$, $T_2 = 396$
9.133 750, 0,585
9.137 (a) 547, (b) 3,80, (c) 0,661, (d) 2,39, (e) 3,09, (f) 547, vazão mássica: 0,498, área de saída:
 $11,0 \times 10^{-4}$

Capítulo 10

- 10.1 $\beta = 8,53$, (a) 21,1, (b) 2,75, (c) 156,8
 10.6 (a) 3,34, (b) 4,91, (c) 5,17
 10.8 (a) 4,65, (b) 4,89, (c) 3,70
 10.11 (a) 4,02, (b) 15,5
 10.15 (a) 4,17, (b) 4,91, (c) 4,13
 10.18 (a) 4,73, (b) 3,15
 10.21 (a) 0,144, (b) 55,4, (c) 2,71, (d) 88,8%
 10.24 0,434, 0,767, 6, 21
 10.28 (a) compressor a baixa pressão: 766, compressor a alta pressão: 942, (b) 2,34, (c) 58,5
 10.30 Para $p_2 = 80$: (a) 1,353, (b) compressor a baixa pressão: 28,4, compressor a alta pressão: 30,8, (c) 2,39
 10.33 (a) 63,2, (b) 109, (c) 2,05
 10.35 (a) 11,7, (b) 8,70, (c) 63,6%, (d) 2,71
 10.40 (a) 1,87, (b) 1,69
 10.42 (a) 1257, (b) 79,7%, (c) 2,86, (d) 6,92, (e) 8,6
 10.46 (a) 310, (b) 1942, (c) 1,54
 10.49 Para $\eta_t = \eta_c = 100\%$: trabalho líquido: 15, coeficiente de desempenho: 2,74
 Para $\eta_t = \eta_c = 80\%$: trabalho líquido: 55,3, coeficiente de desempenho: 0,45
 10.53 (a) 1932, (b) 1,53
 10.56 (a) 113, (b) 79,1%, (c) 3852

Capítulo 11

- 11.1 (a) 50, (b) 49,9, (c) 57,8
 11.3 (a) 125,3, (b) 103,8, (c) 101,3, (d) 101,5, (e) 100
 11.5 (a) 85,9, (b) 109,6, (c) 106,1
 11.8 (a) 767,5, (b) 1145,7, (c) 1076,5
 11.18 $a = 8 v_c^2 p_c Z_c, b = v_c \left[3 - \frac{1}{Z_c}, c^2 \right] = [8Z_c - 3]$
 11.26 (a) positivo, (b) zero, (c) negativo
 11.29 $p = RT/v, s = R \ln(v/v') + c \ln(T/T')$
 11.34 32,529 (valor da tabela: 33,137)
 11.37 271,3 K, 269,5 K
 11.39 0,292
 11.43 (a) 0,0424 bar, (b) 36,19°C
 11.47 $c_p = c_v + R$
 11.50 (a) $\left(\frac{\partial p}{\partial T} \right)_v = \frac{p^2}{RT} \left[\frac{R}{p} + \frac{3AR}{T^4} \right],$
 (b) $s(p_2, T) - s(p_1, T) = -R \ln \frac{p_2}{p_1} + \frac{3AR}{T^4} [p_2 - p_1]$
 11.56 $\beta = \frac{1}{T} + \frac{1}{Z} \left(\frac{\partial Z}{\partial T} \right)_p,$
 $\kappa = \frac{1}{p} - \frac{1}{Z} \left(\frac{\partial Z}{\partial p} \right)_T$
 11.61 $c_p = \frac{kR}{k-1} [4 - 3Z]^2$
 11.62 (b) $c_p - c_v = \frac{R}{1 - 2a(v-b)^2 / RTv^3},$
 (c) $u_2 - u_1 = \int_1^2 c_v(T) dT - a \left[\frac{1}{v_2} - \frac{1}{v_1} \right]$
 11.63 0.201
 11.67 1,4
 11.68 não
 11.71 $T_{inv} = \frac{2a}{bR} \left[1 - \left(\frac{b}{v} \right) \right]^2$
 11.81 $\frac{\bar{h}^*(T) - \bar{h}(T, p)}{\bar{R} T_c} = T_R^2 \left(\frac{dB}{dT_R} \right) p_R, \frac{\bar{s}^*(T, p) - \bar{s}(T, p)}{\bar{R}} = p_R \frac{d(T_R B)}{dT_R}$
 11.86 -29,7
 11.90 349,7 (tabela: 369,8)
 11.94 221,7, 148,5, 166,9
 11.96 0,031
 11.98 (a) 62,4 (b) 51,48, (c) 49,9, (d) 54,5, (e) 54,6, (f) 38,8
 11.105 0,1125, 0,1163
 11.109 91,8, 51,7, 24,3
 11.116 266,7
 11.121 18,2, 6,37

Capítulo 12

- 12.2 (a) N_2 : 0,3218, CO_2 : 0,6321, CH_4 : 0,0461, (b) p_{N_2} : 0,8, p_{CO_2} : 1,0, p_{CH_4} : 0,2, (c) 3,62
- 12.6 (a) C_3H_8 : 0,5365, C_2H_6 : 0,3659, CH_4 : 0,0976, (b) $p_{C_3H_8}$: 0,4, $p_{C_2H_6}$: 0,4, p_{CH_4} : 0,2, (c) 26,7
- 12.9 2,6
- 12.12 (a) -291,5, (b) 0,3159
- 12.16 (a) -204,2, (b) n : 1,285, p : 9,4
- 12.20 640, 1110
- 12.22 (a) 247, (b) -110,8, (c) 0,0505
- 12.24 (a) -113,7, (b) 81,7%, (c) 15,48
- 12.27 (a) V_{Ar} : 0,624, V_{O_2} : 0,166, (b) 1,89, (c) -2,94, (d) 0,2673
- 12.30 (a) 1,307, (b) 0
- 12.34 (a) 114, (b) 3,63, (c) -2510, (d) 3010
- 12.37 (a) 170, (b) 2096
- 12.41 (a) 127,4, (b) 5,713
- 12.45 15,5%
- 12.48 (a) 35,3%, (b) 0,009284, (c) 13, (d) 1077
- 12.52 ocorre condensação, 0,01014
- 12.55 (a) 343, (b) 9,77
- 12.59 (a) 1,62, (b) 59.920
- 12.62 Para $\eta_c = 0,8$: temperatura: 987, trabalho de entrada: 115.2, exergia destruída: 12,84
- 12.65 2,58
- 12.69 (a) 0,0081, 43,6%, (b) 0,0076, 41,2%
- 12.72 não há condensação, 80%
- 12.76 (a) -4,2, (b) 6,05
- 12.78 (a) -38,31, (b) 0,00717
- 12.81 (a) 9,6, (b) 48,63, (c) 0,515, (d) 804
- 12.84 (a) 12,3, (b) 0,0144 (removido)
- 12.87 (a) 31,75, (b) 0,0149, (c) 48,7%
- 12.91 (a) 787,5, (b) 0,1087
- 12.95 52%, 32
- 12.99 (a) 81,8%, 14,4, (b) 0,048
- 12.102 44,84
- 12.105 95.030
- 12.108 (a) ar seco: 6790, água resfriada: 15.180, (b) 7523

Capítulo 13

- 13.1 162% (excesso)
 13.4 188
 13.6 (a) $\text{C}_3\text{H}_8 + 5(\text{O}_2 + 3,76\text{N}_2) \rightarrow 3\text{CO}_2 + 4\text{H}_2\text{O} + 18,8\text{N}_2$
 (b) $\text{C}_3\text{H}_8 + 6(\text{O}_2 + 3,76\text{N}_2) \rightarrow 3\text{CO}_2 + 4\text{H}_2\text{O} + 1\text{O}_2 + 22,56\text{N}_2$
 (c) $\text{C}_3\text{H}_8 + 6(\text{O}_2 + 3,76\text{N}_2) \rightarrow 0,1 \text{ C}_3\text{H}_8 + 2,73\text{CO}_2 + 3,6\text{H}_2\text{O} + 1,5\text{O}_2 + 22,56\text{N}_2$
 13.11 16,17
 13.14 12,49
 13.17 (a) 71,4 (base molar), 18,12 (base mássica), (b) 49,4
 13.21 (a) CO_2 : 17,7%, N_2 : 82,3%, (b) 0,15
 13.24 (a) $\text{C}_2\text{H}_6 + 4,55(\text{O}_2 + 3,76\text{N}_2) + 0,412\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{CO}_2 + 3,412\text{H}_2\text{O} + 1,05\text{O}_2 + 17,11\text{N}_2$
 (b) 50
 13.27 191,8%
 13.31 1,32
 13.35 (a) 118%, (b) 132
 13.38 (a) $(7,24\text{C} + 10,89\text{H} + 0,04\text{S}) + 12,01(\text{O}_2 + 3,76\text{N}_2) \rightarrow 6,88\text{CO}_2 + 0,36\text{CO} + 2,19\text{O}_2$
 $+ 5,45\text{H}_2\text{O} + 0,04\text{SO}_2 + 45,17\text{N}_2$
 (b) CO : 5991, SO_2 : 666
 13.43 1,269
 13.46 560K: $1,152 \times 10^6$, 298K: $-1,508 \times 10^6$ (ocorre condensação)
 13.48 27.840
 13.53 2,49
 13.55 197
 13.58 2,78, $-2,563 \times 10^6$
 13.62 -54.152
 13.65 2290
 13.70 CO_2 : 89,2%, CO : 10,8%
 13.74 (a) 446%, (b) 102,4
 13.77 2427, 9,38
 13.79 (a) 188,9, (b) 264,0
 13.84 -800.800
 13.87 $8,18 \times 10^5$
 13.90 (a) 0,0192, (b) 12,05, (c) 70,2
 13.91 (a) 34.183, (b) 116.673, (c) 51.756, (d) 9.831
 13.96 (a) 66,5, (b) 66,9
 13.99 (a) 353.850, (b) 354.390
 13.102 (a) 108.930
 13.105 (a) 275.400, (b) 226.110, (c) 49.260
 13.109 (a) 830.170, (b) 72.680, (c) 508.600

Chapter 14

- 14.3 (a) 5,018
14.5 (a) -2,224, (b) 2,224, (c) -4,448
14.9 (b) -5,018
14.12 (a) 0,892, (b) 0,664
14.19 (a) aumenta, (b) sem variação
14.25 CO₂: 0,528, CO: 0,472, O₂: 0,736, N₂: 3,76
14.29 0,02, diminui
14.30 CO₂: 45,54%, CO: 21,43%, O₂: 33,04%
14.35 CO₂: 2, H₂O: 1,428, NO: 0,1134, O₂: 0,9433, N₂: 13,1033
14.46 (a) 139,18, (b) 139,66
14.51 108%
14.53 4,04
14.56 4,89
14.58 Est: 278.100
14.69 CO₂: 0,28808, H₂O: 0,71105, CO: 0,71192, O₂: 0,000435, H₂: 0,28895
14.76 0,072%
14.82 (a) 3, (b) 4, (c) 5