

Referências Bibliográficas

AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE. 1989. **Specification for Indirect Type Oil-Field Heaters**. API Specification 12K 17th edition.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. 2008. **Gás natural e outros combustíveis gasosos – Cálculo do poder calorífico, densidade absoluta, densidade relativa e índice de Wobbe a partir da composição**. ABNT NBR15213.

ASTRÖM J. K., 2002. **Control System Design**. Cap 6. University of California. Santa Barbara.

BRITO, J. M.; CAMARGO P. R., 2010. **Avaliação do sistema de aquecimento de pontos de entrega de gás natural da Petrobrás por meio de simulação dinâmica**. IBP3613_10. Rio Oil & Gas Exposition.

CAVALCANTI, R. L; ROJAS L. O. A.; OLIVEIRA, J. A., 2008. **Uso de um método estocástico para cálculo do equilíbrio líquido-vapor de sistemas multicomponentes e avaliação de uma abordagem por contribuição de grupos para o cálculo do coeficiente de fugacidade**. IBP2128_08. Rio Oil & Gas Exposition.

CHURCHILL, S. W; BERNSTEIN, M., 1977. **A Correlating Equation for Forced Convection for Gases and Liquids to Circular Cylinder in Crossflow**. Journal Heat Transfer, vol. 99. 300-306.

COLLIER, A. M.; SERBAN, R., 2009. **User Documentation for KINSOL 2.6.0**. Technical Report UCRL-SM-208116, LLNL.

HENDRICKS, R. C., 1972. **Joule-Thompson Inversion Curves and related coefficients for several simple fluids**. NASA Technical Note. TN D-6807.

HENRIQUE, R. R; MACHADO, L. B.; PASSOS N. G.; CORREIA L. C. D., 2005. **Critério para aplicação e dimensionamento de aquecedores para pontos de entrega de gás**. Proceedings of Rio Pipeline Conference & Exposition.

HOFFMAN, J. D., 2001. **Numerical Methods for Engineers and Scientists** 2nd. Edition. Cap 7. Marcel Dekker.Inc.

INCROPERA, F.P, DEWITT, P. D., 1996. **Fundamentals of Heat and Mass Transfer**. Cap 8. John Wiley and Sons. NY, USA.

INTERNATIONAL SOCIETY OF AUTOMATION. 2002. **Flow Equations for Sizing Control Valves**. ANSI/ISA-75.01.01.

FOX, R. W.; MC DONALD, A. T., PRITCHARD, P. J., 2003. **Introduction Fluid Mechanics**, 6th Edition. Cap 8. John Wiley & Sons, Inc.

GATO, L.M.C; HENRIQUES, J.C.C, 2005. **Dynamic behavior of high-pressure natural-gas flow in pipelines**. International Journal of Heat and Fluid Flow 817-825.

JURY F. D. 1973. **Fundamentals of Three-Mode Controllers**. Technical Monograph 28. Fisher-Rosemount.

MENON, E. S., 2005. **Gas Pipeline Hydraulics**. 1^a. Ed. Taylor & Francis Group. USA.

MELO, C. A., 2005. **A expansão do sistema de distribuição de gás natural do Brasil: a dinâmica dos investimentos, da renda e das emissões de CO₂**. Dissertação de Mestrado. Unicamp.

MOHITPOUR, M., ET AL. 2000. **Pipeline Design & Construction – A Practical Approach**. Cap 3. ASME Press, N.Y. USA.

PRATT. R.M., 2001. **Thermodynamic properties involving derivatives. Using the Peng-Robinson Equation of State**. CHe Division. p.112-115.

RAMI, E. G.; JEAN-JACQUES, B.; BRUNO, D.; FRANÇOIS, M., 2007. **Modelling a pressure regulator**. International Journal of Pressure Vessels and Piping p. 234-243.

SANTOS, A.B., AUGUTO C.R., 2008. **Avaliação das alternativas de redução do consumo de gás natural nos pontos de entrega dos sistemas de transporte brasileiros**. IBP1756_08. Rio Oil & Gas Exposition.

SANTOS, A.B., BISSAGIO H.C., 2007. **Análise do consumo de gás de sistema no gasoduto Bolívia-Brasil**. IBP1463_07. Rio Oil & Gas Exposition.

SHAH, R. K.; SEKULIĆ D. P., 2003. **Fundamentals of Heat Exchanger Design**. John Wiley & Sons, Inc.

SHAPIRO, H. N.; MORAN, M. J., 2007. **Fundamentals of Engineering Thermodynamics** 5th edition. John Wiley & Sons, Inc.

SHEPHERD, C. B.; LAPPLE, C. E : **Flow pattern and pressure drop in cyclone dust collectors**. Industrial and Engineering Chemistry, v.32, n.9, p.1246-1248, 1940.

VAN WYLEN, G. J; SONNTAG, R. E.; BORGNAKKE, C., 2003. **Fundamentals of Thermodynamics. 6th Edition**. Editora Edgard Blucher.

WALAS, S. M., 1985. **Phase Equilibria in Chemical Engineering**. Butterworth-Heinemann.

Apêndice A. Descrição do Simulador

Para analisar o escoamento de gás natural em estações de entrega, desenvolveu-se um programa baseado na metodologia apresentada nos Capítulos 3 e 4. O simulador é o conjunto de rotinas de programação em C++ responsável pelo pré-processamento, solução do sistema de equações de conservação, cálculo das propriedades termodinâmicas e pós-processamento da solução. Neste apêndice, detalhes sobre o desenvolvimento do simulador são apresentados, assim como os testes de validação de diferentes módulos.

A.1. Rotinas Iterativas e Módulos de Solução

O simulador é um programa numérico estruturado em duas rotinas iterativas principais que são acionadas dependendo do problema a ser resolvido:

- (1) Rotina Iterativa Estática: Solução de problemas estáticos com determinação do regime permanente ou ponto de equilíbrio nos equipamentos, necessário para o dimensionamento de novas estações de entrega de gás natural a partir de condições de projeto.
- (2) Rotina Iterativa Dinâmica: Solução de problemas dinâmicos com análise do regime transiente térmico nos aquecedores; avaliação da resposta da lógica de controle; e condições operacionais ao longo do tempo. Neste módulo é possível a configuração de um cenário e a especificação de um passo de tempo.

Para aumentar a flexibilidade de solução de problemas pelo simulador é possível escolher em ambas as rotinas iterativas (estática e dinâmica) quais os sistemas de equações serão resolvidos pelo método de Newton da biblioteca KINSOL, o que permite a redução do tempo de processamento para problemas menos complexos. O tipo de regime térmico a ser resolvido (isotérmico ou não) e

a existência de múltiplos gases de mistura (isomistura ou não) definirão quais módulos de solução serão executados durante a rotina iterativa principal. O fluxograma de ações da rotina iterativa estática é apresentado na Figura A.1, as quais são descritas a seguir.

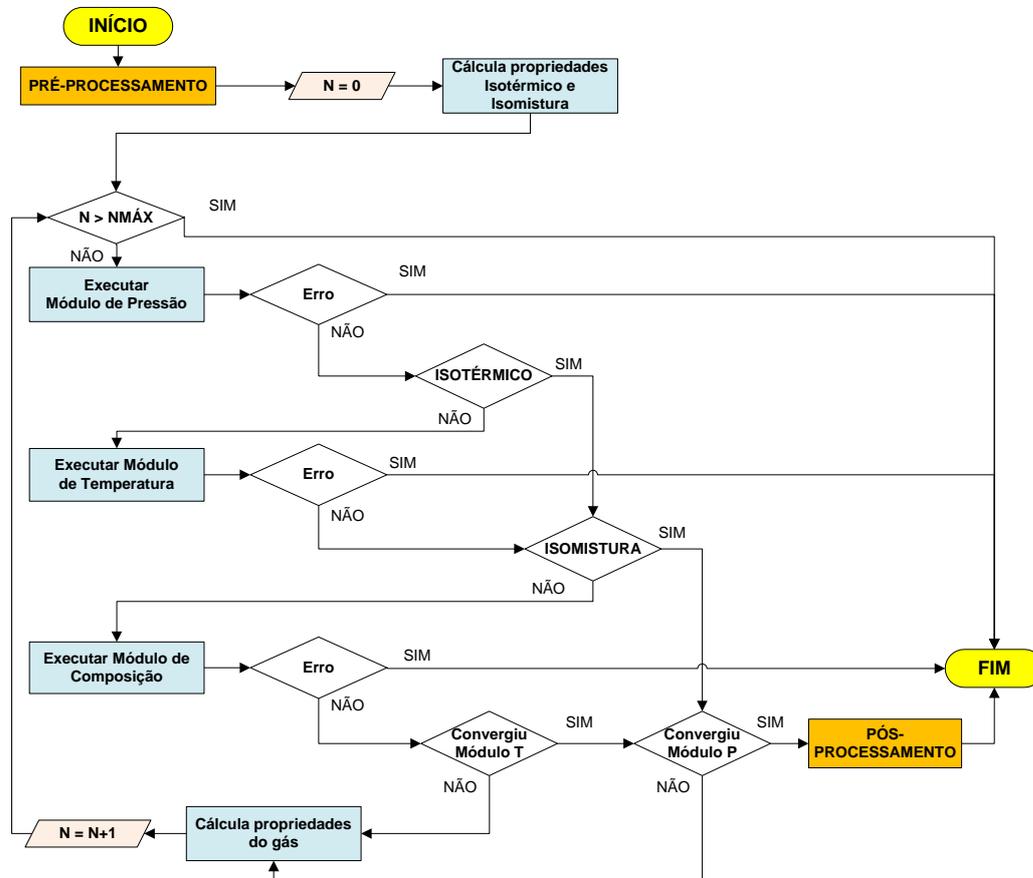


Figura A.1 – Fluxograma de Ações – Rotina Interativa Estática

Os módulos de solução que são executados nas rotinas iterativas de solução são:

- (1) Módulo de Pressão: Sistema de equações para determinar o campo de pressão e vazão referentes ao escoamento de gás nos equipamentos através da solução de sistema de equações formado pelo balanço de massa nos nós e conservação de Q.M.L nos elementos. Este é primeiro sistema de equações a ser resolvido, e o único necessário para solução dos demais sistemas de equações.
- (2) Módulo de Temperatura: Sistema de equações para avaliar a entalpia e fluxo de calor presentes no problema térmico nos

equipamentos através da solução do balanço de energia nos nós e nos elementos. Caso este sistema de equações não seja resolvido o regime é considerado isotérmico com temperatura constante e igual à temperatura ambiente. ($T=T_{\infty}$)

- (3) Módulo de Composição: Sistema de equações para determinar a fração molar em situações que apresentem uma mistura com vários gases através da solução do balanço de massa de cada espécie nos nós. Caso este sistema de equações não seja resolvido assume-se hipótese de isomistura, ou seja, uma única composição de gás para todos os nós. Para mais de um ponto de entrada existente mantém-se a composição do primeiro ponto de entrada.
- (4) Módulo TARK4: Resolve o problema de transiente térmico no aquecedor indireto usando método explícito de Runge-Kutta de 4ª ordem. Calcula a temperatura do banho T_a e o calor transferido da água para o gás q_a em função do tempo. Somente disponível na rotina iterativa dinâmica
- (5) Módulo de Controle: Estima a resposta $X(t)$ do controlador PID a partir do sinal de entrada $C(t)$ e do valor ajustado $S(t)$ para o instante de tempo atual t .

Antes de iniciar a rotina iterativa estática e no final de cada iteração é necessário o cálculo das propriedades do gás natural (entalpia, massa específica, temperatura e poder calorífico) para cada nó em função da equação de estado selecionada, composição do gás e condição de pressão e temperatura, que é fornecida nos pontos de entrada de gás.

A convergência do módulo de pressão e do módulo de temperatura é avaliada no final de cada iteração da rotina estática. Nestes módulos o erro máximo da variável é obtido pelo maior diferença absoluta entre a iteração atual n e a anterior $n-1$. Um erro máximo global $emax$ é avaliado para todos os nós e elementos de acordo com critério e tolerância apresentada na Tabela A.1. Não há verificação de convergência no módulo de composição, apenas a validação no pré-processamento de que o somatório das frações em cada ponto de entrada seja

unitário. O número máximo de iterações da rotina iterativa estática deve ser alterado em função da complexidade do problema. Para redes simples com até 20 elementos adota-se um valor máximo de 99 iterações.

Tabela A.1 – Critério de Convergência dos Módulos de Solução

Módulo	Critério de Convergência	Tolerância
Pressão	Pressão: $emaxp < ptol$: $emaxp = \max[abs(p_{i,n} - p_{i,n-1})], i = 1..N_{nós}$ Vazão volumétrica padrão: $emaxQ < Qtol$ $emaxQ = \max[abs(Q_{j,n} - Q_{j,n-1})], j = 1..N_{elem}$	$ptol = 0,001 Kpa$ $Qtol = 0,001 Sm^3/s$
Temperatura	Entalpia: $emaxh < htol$ $emaxh = \max[abs(p_{i,n} - p_{i,n-1})], i = 1..N_{nós}$ Fluxo de calor: $emaxq < qtol$ $emaxq = \max[abs(q_{j,n} - q_{j,n-1})], j = 1..N_{elem}$	$htol = 0,001 kJ/kg$ $qtol = 0,001 kW$

A rotina iterativa dinâmica executa várias ações e decisões de acordo com o fluxograma de processos apresentado Figura A.2.

A rotina dinâmica possui um nível de iteração “loop” a mais que a rotina estática, a qual permite o avanço no tempo e armazenamento das variáveis até que o tempo final de simulação seja alcançado. O passo de tempo dt define ao mesmo tempo a discretização temporal do problema e a frequência com que as variáveis são armazenadas. Após a avaliação de convergência dos módulos de pressão e temperatura, são executados os módulos TARK4 e de controle. As rotinas existentes no “simulador” que são executadas fora da rotina iterativa de solução são chamadas de pré e pós-processamento. A rotina de pré-processamento é responsável por ações de leitura, validação dos dados de entrada, conversão de unidades e preparação das tabelas de dados do simulador. Somente após a execução da rotina de pós-processamento são transferidos os valores calculados para a interface gráfica de saída do simulador.

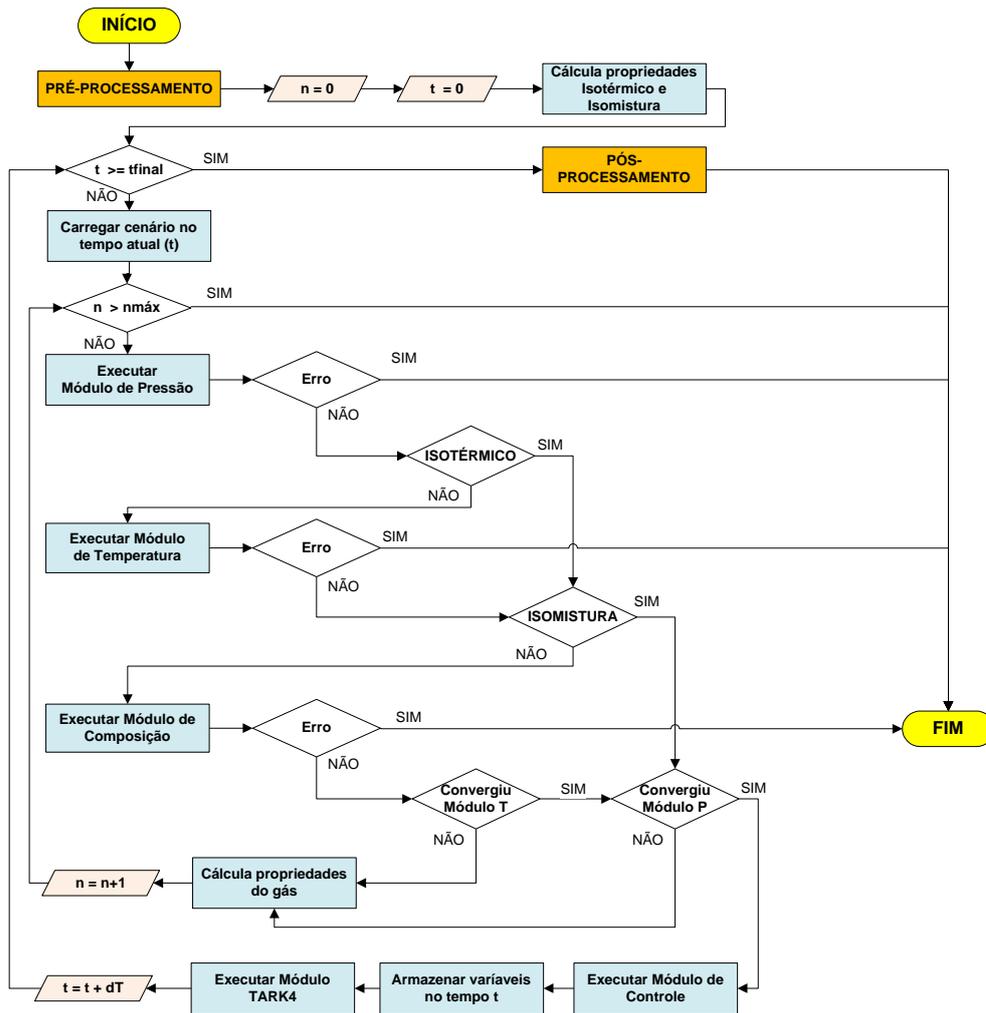


Figura A.2 – Fluxograma de Ações – Rotina Iterativa Dinâmica

A.2. Demonstração da Rotina Iterativa Estática

Para melhor entendimento do procedimento de cálculo programado na rotina iterativa estática, ilustrado na Figura A.1, apresenta-se uma demonstração dos sistemas de equações gerados na 1ª iteração dos módulos de pressão, temperatura e composição; o monitoramento da convergência em cada iteração e o resultado final obtido.

Um caso de teste foi criado e seus parâmetros de entrada são apresentados no diagrama esquemático do simulador na Figura A.3. Neste exemplo encontramos dois pontos de entrada de gás com composições diferentes (GAS1 e GAS2) e dois tramos cada um com dois aquecedores e um ponto de saída de gás. Foi selecionada a equação de estado de Peng-Robinson e a condição padrão de 20°C (298,15K) e 1 atm (101,325 kPa) para solução do problema.

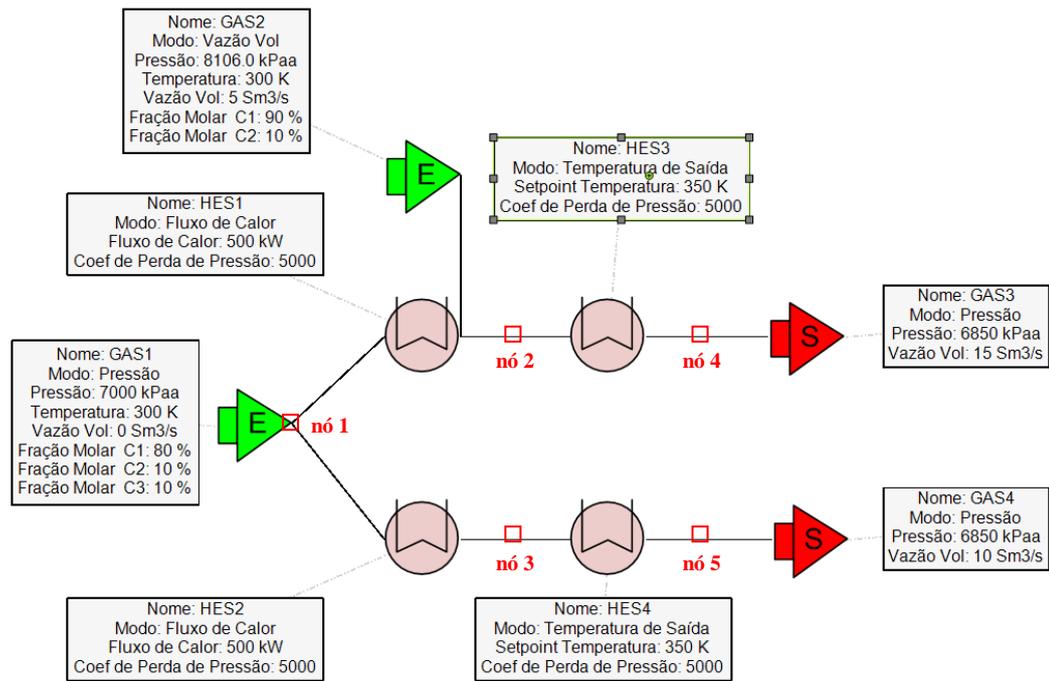


Figura A.3 – Parâmetros de Entrada do Caso de Teste

A.2.1. Módulo de Pressão – Caso de Teste

Neste módulo ocorre a montagem e a solução do sistema de equações composto pelo balanço de massa nos nós e conservação de Q.M.L nos elementos. O número total de equações do sistema deve ser igual ao número de variáveis do problema. A cada iteração da rotina estática é resolvido o sistema não linear com o método de Newton.

- 17 variáveis e 17 equações

Pressão nos nós: p_1, p_2, p_3, p_4, p_5

Vazão vol. padrão nos elementos: $Q_{gas1}, Q_{gas2}, Q_{gas3}, Q_{gas4}, Q_{hes1},$

$Q_{hes2}, Q_{hes3}, Q_{hes4}$

Coefficiente de perda de pressão: $Kp_{hes1}, Kp_{hes2}, Kp_{hes3}, Kp_{hes4}$

- Balanço de massa (vazão volumétrica padrão) nos nós:

$$[\text{nó 1}] Q_{gas1} - Q_{hes1} - Q_{hes2} = 0$$

$$[\text{nó 2}] Q_{hes1} + Q_{gas2} - Q_{hes3} = 0$$

$$[\text{nó 3}] Q_{hes2} - Q_{hes4} = 0$$

$$[\text{nó 4}] Q_{hes3} - Q_{gas3} = 0$$

$$[\text{nó } 5] Q_{hes4} - Q_{gas4} = 0$$

- Conservação de Q.M.L nos aquecedores:

$$[\text{HES1}] Q_{hes1}^2 Kp_{hes1} - (p_1^2 - p_2^2) = 0$$

$$[\text{HES1}] Kp_{hes1} - 5000 = 0$$

$$[\text{HES2}] Q_{hes2}^2 Kp_{hes2} - (p_1^2 - p_3^2) = 0$$

$$[\text{HES2}] Kp_{hes2} - 5000 = 0$$

$$[\text{HES3}] Q_{hes3}^2 Kp_{hes3} - (p_2^2 - p_4^2) = 0$$

$$[\text{HES3}] Kp_{hes3} - 5000 = 0$$

$$[\text{HES4}] Q_{hes4}^2 Kp_{hes4} - (p_3^2 - p_5^2) = 0$$

$$[\text{HES4}] Kp_{hes4} - 5000 = 0$$

- Condições de contorno nos pontos de entrada e saída de gás:

$$[\text{GAS1}] p_1 = 7000$$

$$[\text{GAS2}] Q_{gas2} = 5$$

$$[\text{GAS3}] Q_{gas3} = 6850$$

$$[\text{GAS4}] Q_{gas4} = 6850$$

A.2.2. Módulo de Temperatura – Caso de Teste

No módulo de temperatura ocorre a montagem e a solução do sistema de equações composto pelo balanço de fluxo de energia nos nós e conservação de energia nos elementos.

- 15 incógnitas e 15 equações:

Entalpia nos nós: h_1, h_2, h_3, h_4, h_5

Entalpia (pontos de entrada): h_{gas1}, h_{gas2}

Fluxo de calor (aquecedores): $q_{hes1}, q_{hes2}, q_{hes3}, q_{hes4}$,

Entalpia de saída (aquecedores): $h_{hes1}, h_{hes2}, h_{hes3}, h_{hes4}$

- 15 variáveis conhecidas:

Massa específica padrão nos nós: $\rho_1, \rho_2, \rho_3, \rho_4, \rho_5$, e nos pontos de entrada ρ_{gas1}, ρ_{gas2} calculada usando a equação de estado.

Vazão vol. padrão nos elementos: Q_{gas1} , Q_{gas2} , Q_{gas3} , Q_{gas4} , Q_{hes1} , Q_{hes2} , Q_{hes3} , Q_{hes4} obtido como resultado do módulo de pressão.

- Balanço de energia nos nós:

$$[\text{nó 1}] \rho_{gas1} Q_{gas1} h_{gas1} - \rho_1 Q_{hes1} h_1 - \rho_1 Q_{hes2} h_1 = 0$$

$$[\text{nó 2}] \rho_1 Q_{hes1} h_{hes1} + \rho_{gas2} Q_{gas2} h_{gas2} - \rho_2 Q_{hes3} h_2 = 0$$

$$[\text{nó 3}] \rho_1 Q_{hes2} h_{hes2} - \rho_3 Q_{hes4} h_3 = 0$$

$$[\text{nó 4}] \rho_2 Q_{hes3} h_{hes3} - \rho_4 Q_{gas3} h_4 = 0$$

$$[\text{nó 5}] \rho_3 Q_{hes4} h_{hes4} - \rho_5 Q_{gas4} h_5 = 0$$

- Condição de contorno nos pontos de entrada de gás

$$[\text{GAS1}] h_{gas1} = h(p_{gas1}, T_{gas1})$$

$$[\text{GAS2}] h_{gas2} = h(p_{gas2}, T_{gas2})$$

- Conservação de energia nos elementos

$$[\text{HES1}] q_{hes1} = 500$$

$$[\text{HES1}] \rho_1 Q_{hes1} (h_1 - h_{hes1}) + q_{hes1} = 0$$

$$[\text{HES2}] q_{hes2} = 500$$

$$[\text{HES2}] \rho_1 Q_{hes2} (h_1 - h_{hes2}) + q_{hes2} = 0$$

$$[\text{HES3}] h_{hes3} = h(p_4 = 6850, T_4 = 350)$$

$$[\text{HES3}] \rho_2 Q_{hes3} (h_2 - h_{hes3}) + q_{hes3} = 0$$

$$[\text{HES4}] h_{hes4} = h(p_5 = 6850, T_5 = 350)$$

$$[\text{HES4}] \rho_3 Q_{hes4} (h_3 - h_{hes4}) + q_{hes4} = 0$$

A.2.3. Módulo de Composição – Caso de Teste

No módulo de composição ocorre a montagem e a solução do sistema de equações composto pelo balanço de massa de cada espécie da mistura para todos os nós do sistema. O número total de equações equivale ao número de nós vezes o número de espécies químicas existentes na mistura.

- Número de espécies químicas: $n_{espécies} = 03$ (C1, C2, C3)
- 15 equações: $n_{eq} = n_{nós} \times n_{espécies}$
- 15 incógnitas: $x_{i,j}$, $i = 1..n_{nós}$ e $j = 1..n_{espécies}$

- 06 frações molares conhecidas nos pontos de entrada:
 - $x_{gas1,1} = 0,8$, $x_{gas1,2} = 0,1$, $x_{gas1,3} = 0,1$
 - $x_{gas2,1} = 0,9$, $x_{gas2,2} = 0,1$, $x_{gas2,3} = 0$
- Fluxos molares calculados usando vazão volumétrica e massa molecular:

$$F = \frac{\dot{m}}{M} = \frac{\rho \cdot Q}{M} = \frac{kg/s}{kg/kmol} = kmol/s$$

- Balanço molar nos nós

Faça $j = 1$ até $n_{espécies}$

$$[\text{nó 1}] \quad x_{gas1,j} F_{gas1} - x_{1,j} F_{hes1} - x_{1,j} F_{hes2} = 0$$

$$[\text{nó 2}] \quad x_{1,j} F_{hes1} + x_{gas2,j} F_{gas2} - x_{2,j} F_{hes3} = 0$$

$$[\text{nó 3}] \quad x_{1,j} F_{hes2} - x_{3,j} F_{hes4} = 0$$

$$[\text{nó 4}] \quad x_{2,j} F_{hes3} - x_{4,j} F_{gas3} = 0$$

$$[\text{nó 5}] \quad x_{3,j} F_{hes4} - x_{5,j} F_{gas4} = 0$$

Fim

A.2.4. Resultados Obtidos no Caso de Teste

O processo de convergência da rotina iterativa estática é monitorado através do erro global máximo de cada iteração calculado de acordo com o critério estabelecido na Tabela A.1. O caso de teste converge na 4ª. iteração, sendo os valores do erro máximo em cada iteração apresentados na Tabela A.2.

Tabela A.2 – Erro Máximo por Iteração (Caso de Teste)

Iteração	Erro Máximo por Iteração			
	Pressão [kPa]	Vazão [Sm ³ /s]	Entalpia [kJ/kg]	Fluxo de Calor [kW]
1	1,50E+02	3,17E+01	1,00E+02	777,5284613
2	2,54E-10	2,03E-12	5,85E+01	30,33111817
3	2,54E-10	2,03E-12	2,28E+00	4,96E-10
4	2,54E-10	2,03E-12	7,80E-12	4,96E-10

O resultado final calculado pelo simulador para os aquecedores é ilustrado na Tabela A.3 e para os pontos de entrada e saída de gás na Tabela A.4.

Tabela A.3 – Resultados nos Aquecedores (Caso de Teste)

Nome	HES1	HES2	HES3	HES4	Unidade
Pressão Entrada	7,00	7,00	6,95	6,93	MPaa
Pressão Saída	6,95	6,93	6,85	6,85	MPaa
Vazão Vol	11,7	14,41	16,7	14,41	Sm ³ /s
Fluxo de Calor	500	500	1324,21	1144,41	kW
Entalpia de Saída	-48,75	-58,46	41,29	37,11	kJ/kg
Temperatura Entrada	300	300	313,07	314,54	K
Temperatura Saída	318,22	314,54	350	350	K

Tabela A.4 – Resultados nos Pontos de Entrada e Saída (Caso de Teste)

Nome	GAS1	GAS2	GAS3	GAS4	Unidade
Fração Molar C1	80	90	82,99	80	%
Fração Molar C2	10	10	10	10	%
Fração Molar C3	10	0	7,01	10	%
Pressão	7,00	6,95	6,85	6,85	MPaa
Temperatura	300	300	350	350	K
Vazão Vol	26,11	5	16,7	14,41	Sm ³ /s
Massa Esp. Padrão	0,8308	0,715	0,7961	0,8308	kg/m ³
Fator-Z	0,771	0,84	0,887	0,875	
Entalpia	-100,21	-84,39	41,29	37,11	kJ/kg

Apêndice B. Catálogos e Folha de Dados dos Equipamentos

Serão apresentadas neste Apêndice as imagens dos catálogos e folhas de dados dos equipamentos utilizados na modelagem da estação de entrega de gás natural de São Carlos-SP descrita no Capítulo 6. Na Figura B.1 é ilustrado o catálogo das válvulas redutoras de pressão (monitora e reguladora). O coeficiente de vazão máximo da válvula é obtido em função do modelo de válvula e do seu tamanho ou diâmetro nominal.

Aperflux 101		
Nominal diameter (mm)	50	80
Size (inches)	2"	3"
Cg flow coefficient	1682	4200
KG flow coefficient	1768	4414
K1 body shape factor	103	108

Aperflux 851							
Nominal diameter (mm)	25	50	80	100	150	200	250
Size (inches)	1"	2"	3"	4"	6"	8"	10"
Cg flow coefficient	480	1550	3790	5554	11112	17318	24548
KG flow coefficient	505	1627	3979	5837	11678	18199	25850
K1 body shape factor	113,9	113,9	113,9	113,9	113,9	113,9	113,9

Reflux 819							
Nominal diameter (mm)	25	50	80	100	150	200	250
Size (inches)	1"	2"	3"	4"	6"	8"	10"
Cg flow coefficient	575	2220	4937	8000	16607	25933	36525
KG flow coefficient	605	2335	5194	8416	17471	27282	38425
K1 body shape factor	106,78	106,78	106,78	106,78	106,78	106,78	106,78

Reflux 819/FO							
Nominal diameter (mm)	25	50	80	100	150	200	250
Size (inches)	1"	2"	3"	4"	6"	8"	10"
Cg flow coefficient	575	2220	4937	8000	16607	25933	36525
KG flow coefficient	605	2335	5194	8416	17471	27282	38425
K1 body shape factor	106,78	106,78	106,78	106,78	106,78	106,78	106,78

Figura B.1 - Catálogo da Válvula de Controle Pietro Fiorentini
(www.fiorintini.com).

Na Figura B.2 é ilustrado o catálogo da válvula de três vias do fabricante PARCOL. Deste catálogo é extraído o coeficiente de vazão e a curva de abertura para as duas saídas da válvula: saída direta e saída em ângulo.

Guiding : Stainless steel AISI 420 for Carbon and CrMo steel bodies

Action

ACTION ON STRAIGHT WAY		
Valve series	1-6113	1-8113
DIRECT Actuator	TO OPEN	TO CLOSE
REVERSE Actuator	TO CLOSE	TO OPEN

DIAPHRAGM ACTUATORS

Connections : 1/4" female NPT

Spring ranges : 3 ÷ 15, 6 ÷ 30, 12 ÷ 23 psi

VALVE SIZE - in.	1 (1)		1 ½	2	3	4	6	8	10
Nominal Trim Size - in.	1	¾	1 ½	2	3	4	6	8	10
Throttling Plug CV (2)	12	8	32	47	105	165	352	615	935
On-Off Plug CV (3)	16,5	12,5	40	53	120	185	390	660	1015
Seat Ring Diameter - mm	28	23	45	50	72	90	130	165	210
Stroke - mm	17	17	25	25	34	45	60	60	76

NOTES: (1) 1-6113 only; (2) Straight-way CV. Angle way has 10% higher values; (3) Same values for straight and angle way

FL and xT coefficients for V-PORT throttling plug

DN in.	port. in.	100% of rated Cv				10% of rated Cv	
		STRAIGHT WAY		ANGLE WAY		FL	xT
		FL	xT	FL	xT		
1	3/4	0.91	0.65	0.87	0.57	0.95	0.86
1	1	0.92	0.67	0.88	0.59	0.95	0.86
1 1/2	1 1/2	0.91	0.65	0.87	0.57	0.95	0.86
2	2	0.92	0.67	0.88	0.59	0.95	0.86
3	3	0.92	0.67	0.88	0.59	0.93	0.82
4	4	0.93	0.68	0.89	0.60	0.93	0.82
6	6	0.93	0.68	0.89	0.60	0.93	0.82
8	8	0.93	0.68	0.89	0.60	0.93	0.82
10	10	0.93	0.68	0.89	0.60	0.93	0.82

FL and xT coefficients for disk type plug

STRAIGHT WAY		ANGLE WAY	
FL	xT	FL	xT
0.90	0.64	0.85	0.55

Linear characteristic curves 1-6113 and 1-8113

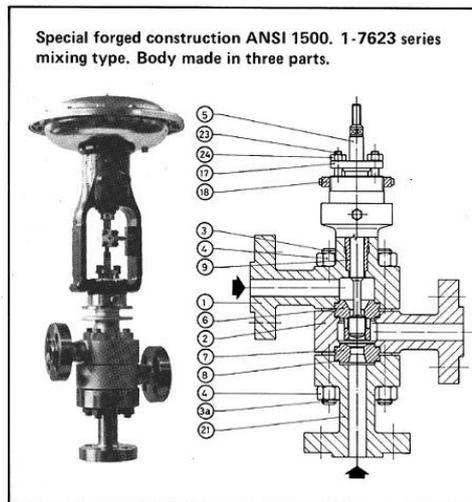
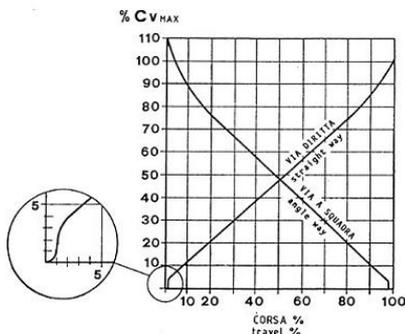


Figura B.2- Catálogo da Válvula de Três Vias PARCOL 1-8113

(www.parcoll.com)

Na Figura B.3 é ilustrada a folha de dados dos aquecedores de gás indiretos de banho de água F01A/B. Nesta folha de dados extrai-se os parâmetros de projeto térmico e mecânico do aquecedor.

ITEM:	F-01/A/B		N° DI RISCALDATORI RICHIESTI NUMBER OF HEATERS REQUIRED	IN ESERCIZIO OPERATING	DI RISERVA SPARE
CALDAIA / HEATER					
1	SISTEMA DI RISCALDAMENTO HEATING SYSTEM	<input checked="" type="checkbox"/> GAS COMBUSTIBILE <input type="checkbox"/> OLIO COMBUSTIBILE <input type="checkbox"/> GAS E OLIO COMBUSTIBILI FUEL GAS FUEL OIL FUEL GAS & FUEL OIL			
2	TIPO FLUIDO FLUID TYPE	NATURAL GAS			
3	PESO SPECIFICO SPECIFIC GRAVITY	Kg / m ³	0.775		
4	PESO MOLECOLARE MOLECULAR WEIGHT	17.37			
5	VISCOSITA' VISCOSITY	cSt	A °C AT DEGREE	15	
6	CONTENUTO MAX DI ZOLFO HYDROGEN SULPHIDE MAX CONTENT	H ₂ S %			
7	POT. CALORIFICO INFERIORE LOW HEATING VALUE	Kcal / m ³	8*348	POT. CALORIFICO SUPERIORE LOW HEATING VALUE	Kcal / m ³
8	PRESSIONE AI BRUCIATORI PRESSURE AT BURNERS	Barg	1.4	A °C AT DEGREE	10
CARATTERISTICHE COSTRUTTIVE / TECHNICAL DATA					
9	SERPENTINO DI RISCALDAMENTO TUBES OR COIL				
10	FLUIDO DA RISCALDARE FLUID CIRCULATED	NATURAL GAS			
11	PORTATA FLOW	Nm ³ /h	20.625		
12	PESO SPECIFICO SPECIFIC GRAVITY	Kg / m ³	0.775		
13	PESO MOLECOLARE MOLECULAR WEIGHT	17.37			
14	CALORE SPECIFICO SPECIFIC HEAT	Kj /Kg °C	2.62	A PRESSIONE AT PRESURE	Barg 65
15	FATTORE DI SPORCAMENTO LATO ACQUA FOULING RESISTANCE WATER SIDE	m ² /h °C/Kj	0.0004	FATTORE DI SPORCAMENTO LATO GAS FOULING RESISTANCE GAS SIDE	m ² /h °C/Kj
16	CALORE TRASMESSO AL GAS HEAT EXCHANGED	Kcal/h	365'000		
17	TEMPERATURA GAS IN ENTRATA GAS INLET TEMPERATURE	°C	10	TEMPERATURA GAS IN USCITA GAS OUTLET TEMPERATURE	°C 47
18	PRESSIONE GAS IN ENTRATA GAS INLET PRESSURE	Kg/cm ²	55	PRESSIONE GAS IN USCITA GAS OUTLET PRESSURE	Barg 98.1
19	PERDITA DI CARICO PRESSURE DROP	Kg/cm ²	0.21 (0.5 AT MAX FLOW OF 41'250 Nm³/h)		
20	PRESSIONE DI PROGETTO DESIGN PRESSURE	Kg/cm ²	100	PRESSIONE DI PROVA TEST PRESSURE	Kg/cm ² 150
21	TEMPERATURA DI PROGETTO	°C	100		
22	DESIGN TEMPERATURE				
22	CORROSIONE CORROSION ALLOWANCE	mm	1		
23	BOCCHELLI ENTRATA / USCITA INLET / OUTLET NOZZLE	6"	RATING E FINITURA RATING AND FINING	900# RJ	
24	TUBI TUBES	26	OD 25.4 mm	SPESSORE THICKNESS	mm/BWG 2.77
			LUNGHEZZA LENGTH	mm 4300	PASSO 31.75mm PITCH
25	SUPERFICIE SERPENTINO COIL SURFACE	m ²	25.3		
RISCALDATORE HEATER					
27	TEMPERATURA ACQUA WATER TEMPERATURE	°C	85		
28	PRESSIONE DI ESERCIZIO WORKING PRESSURE	Barg	ATMOSPHERIC		
29	RENDIMENTO WORKING PRESSURE	%	62		
30	SUPERFICIE TUBI FUMO SMOKE PIPE SURFACE	m ²	10.7	CORROSIONE CORROSION ALLOWANCE	mm 3
31	ALTEZZA CAMINO CHIMNEY HEIGHT	m	6		
32	CONTENUTO ACQUA WATER VOLUME	m ³	3.2		
BRUCIATORE BURNER					
34	TIPO TYPE	HP4	QUANTITA' QUANTITY	1	TIPO PILOTA PILOT TYPE
			QUANTITA' QUANTITY	1	
35	CARICO TERMICO BURNER DUTY	Kcal/h	588'000		
36	CONSUMO COMBUSTIBILE GAS CONSUMPTION	Nm ³ /h	70		

Figura B.3 - Folha de Dados dos Aquecedores F01A/B