

MODELAGEM E SIMULAÇÃO DE SISTEMAS TÉRMICOS NO SOFTWARE IPSE PRO. Tânia Aniele da Silva, Prof. Dr. José Antônio Perrella Balestieri – 1.13 - Engenharia Mecânica – Engenharia de Produção Mecânica - Departamento de Energia – Faculdade de Engenharia – Campus de Guaratinguetá.

Atualmente, um tipo de recurso bastante discutido em diversos países é o energético, ou seja, o rumo que a sua política energética deverá seguir. A energia (ou a sua melhor forma de utilização) é um dos recursos estratégicos com que contam os países para o desenvolvimento de suas empresas e para atrair investimentos estrangeiros, o que conseqüentemente poderá acarretar crescimento econômico.

Para tal, os países avaliam os combustíveis de que dispõem para que possam melhor utilizá-los e aproveitá-los. Uma alternativa para o atendimento das necessidades de energia, ou a expansão do sistema de geração de energia dos países, é a cogeração (geração conjunta de duas ou mais formas de energia a partir da mesma fonte combustível), pois essa, além de diminuir os impactos ambientais, pode diminuir significativamente os custos de produção de energia. Além do grande potencial de aproveitamento energético (em alguns casos um aproveitamento de até 80% da energia contida no combustível), o que representa uma considerável economia, a cogeração pode trazer independência parcial ou até total das concessionárias de energia elétrica, podendo ser adotada tanto por empresas de porte industrial quanto por condomínios, *shoppings centers* e hospitais.

Frente a isso, a síntese de projetos de sistemas térmicos é guiada pelo crescimento da demanda energética e também pelo progresso de recursos computacionais. Para configurar um sistema deve-se saber combinar os equipamentos adequados (turbinas, caldeiras, motores, bombas, trocadores de calor, compressores) de forma a estabelecer alternativas coerentes de solução. Segundo [Manninen e Zhu (1999) APUD Silva et al, 2002], *“para solucionar um problema de engenharia, em especial a determinação da estrutura ótima de uma central térmica, deve-se saber que existem inúmeras formas de configuração para atender uma mesma necessidade, visto que o processo de configuração pode tornar-se combinatoriamente explosivo, devido a grande quantidade de alternativas disponíveis”*. Sendo assim, para selecionar apenas uma alternativa como solução devem ser analisadas restrições técnicas, econômicas e legais. Vale ressaltar que não devem ser impostas muitas restrições no início do projeto, pois isso pode concorrer com a eliminação de boas alternativas para o processamento da decisão final. A figura 1 demonstra a seqüência de etapas para a análise de tais restrições.

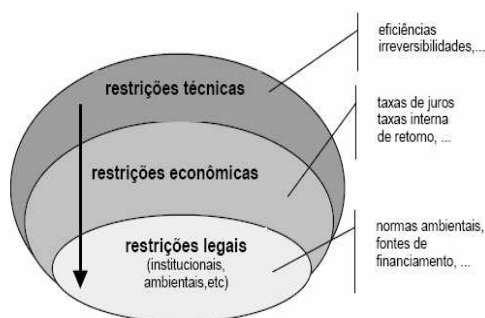


Figura 1 – Níveis de profundidade dos estudos de viabilidade

Os meios que têm facilitado a modelagem e, posteriormente, as simulações de sistemas térmicos são os softwares de simulação. Um desses softwares, o IPSEpro, é um software composto por um conjunto de módulos que permitem a simulação de sistemas térmicos (desenvolvido pela empresa austríaca Sim Technology).

O módulo PSE, analisado no presente trabalho, permite configurar sistemas térmicos utilizando os componentes da biblioteca “APP Lib” (original do software) e componentes sintetizados no módulo MDK. Sendo assim, os dados de entrada inseridos diretamente em uma planilha e saindo na própria configuração estabelecida no final da simulação. O módulo possui opções como a seleção do sistema de unidades a ser utilizado, a composição de diferentes fluidos de trabalho e de combustíveis, desde que o usuário conheça as porcentagens das substâncias que os compõem,

permitindo a simulação bem próxima à realidade. Vale ressaltar que, no presente trabalho, é utilizada a biblioteca original do *software*. Semelhante a análise de alternativas de combustíveis, podem ser simulados sistemas compostos por diferentes equipamentos com o mesmo resultado final, de modo a analisar a melhor alternativa de composição.

Como exemplo de simulação no módulo PSE demonstra-se agora a configuração de um ciclo a vapor em cogeração com paridade elétrica. Para tal devem ser executados os seguintes passos:

PASSO 1: Para a composição do ciclo a vapor em cogeração, inicialmente compõe-se uma área de trabalho na qual devem ser dispostos os equipamentos e máquinas térmicas pertinentes. Os equipamentos são retirados da biblioteca APP_Lib, disposta lateralmente na área de trabalho.

O componente “sink”, que representa o processo consumidor de calor, e o componente “source”, que representa o tanque de origem da água de alimentação do ciclo a vapor, devem ser rotacionados para que os pontos de alimentação de vapor fiquem direcionados para a saída da turbina e entrada da bomba, respectivamente; isto se faz mediante o emprego do comando “Control + R”. O sistema ficará conforme a figura 3.

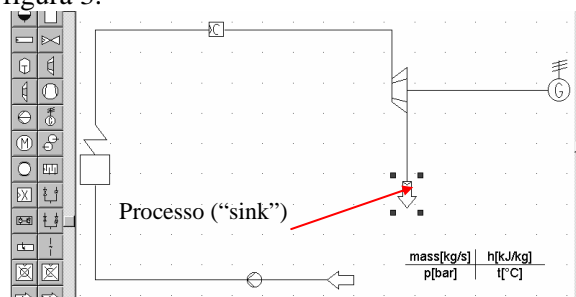


Figura 3 – Ciclo a vapor em cogeração

Devem ser realizadas as ligações entre os componentes (clitando com o botão à esquerda do *mouse* sobre o ponto origem e depois sobre o ponto destino, observando-se que para que a linha apresente ângulo reto basta clicar em um ponto intermediário que defina o local em que se dará a mudança de direção) e estabelecidos os valores padronizados para a configuração (“**OBJECTS**” e “**LOAD DEFAULT VALUES**”) e definido o vetor energético (vapor, no caso) para todo o sistema (“**OBJECTS**” e “**NEW GLOBAL OBJECTS**”).

PASSO 2: É preciso, então, **definir os parâmetros técnicos de cada fluxo** (vazão, pressão, temperatura, dentre outros):

- para a bomba, a caldeira, o conector, a turbina a vapor e o condensador não é necessário alterar as condições padronizadas dos componentes;
- para os fluxos:
 - o define-se o que é o vetor energético (deu-se o nome de “*water_steam*”) clicando-se em “**OBJECTS**” e em seguida em “**EDIT GLOBAL OBJECTS**”, conforme a figura 4.

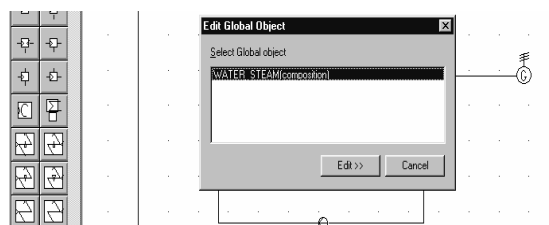


Figura 4 – “EDIT GLOBAL OBJECTS”

Ao clicar “*Edit>>*”, como o vetor energético é vapor de água, atribui-se valor 1 para o quadro “**WATER**” e marca-se “*estimate*”, ao passo que todos os demais quadros (referentes a combustíveis) marca-se “*set*” e atribui-se valor 0 (zero), o que é observado na figura 5.

- o “**sink001**”: este ícone corresponde ao processo consumidor de vapor; para paridade elétrica, definem-se a pressão e a temperatura do processo, conforme a figura 6.

- “**generator001**”: este ícone corresponde ao gerador elétrico; na paridade elétrica, define-se a potência elétrica necessária para o processo, tal como a figura 7.
- “**stream004**”: (entre a bomba e a caldeira): seleciona-se o vetor energético e definem-se a pressão e temperatura da água após a bomba, como visto na figura 8.
- “**source001**”: elemento com pressão determinada (no caso, a ambiente), conforme a figura 9.

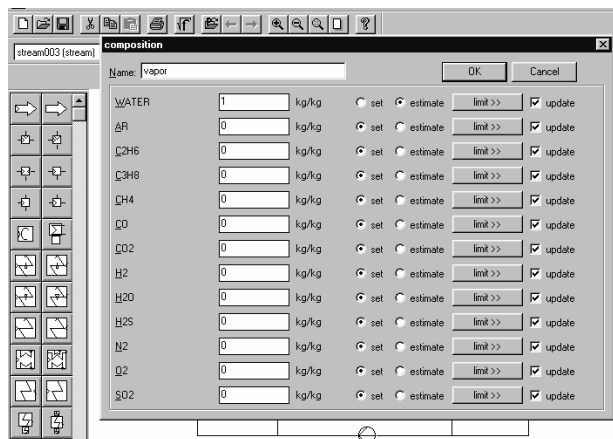


Figura 5 – “Composition”

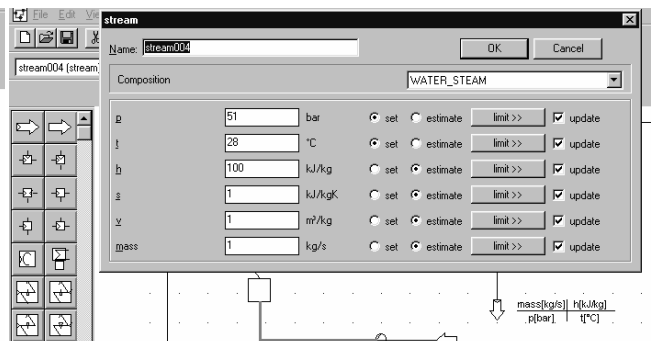


Figura 8 – “Stream”

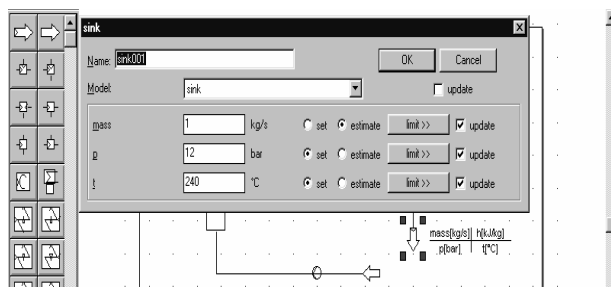


Figura 6 – “Sink001”

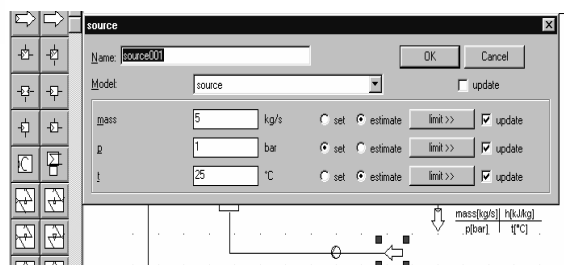


Figura 9 – “Source”

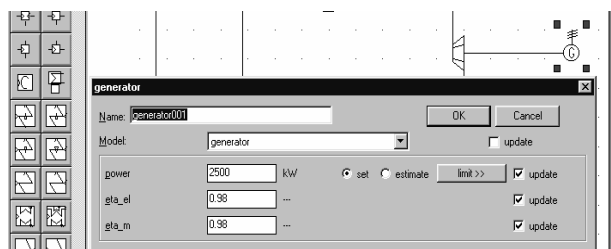


Figura 7 – “Generator”

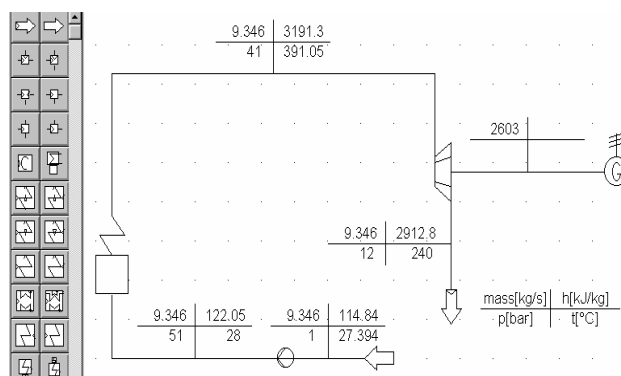


Figura 10 – Resultado da simulação do sistema

Passo 3: O resultado da simulação é obtido com o emprego do ícone \sqrt{f} , como observado na Fig. 10.

Sintetizando, todas as variáveis de entrada e os resultados fornecidos pelo software são indicados na tabela 1.

A configuração de sistemas térmicos é uma atividade que exige prévio conhecimento de disciplinas da área de energia. Para a configuração desses sistemas no software são necessárias uma série de variáveis termodinâmicas que serão determinadas a partir da análise da demanda do processo. Essa demanda pode ser de energia térmica, energia elétrica ou das duas simultaneamente.

A demanda por energia térmica necessita para sua configuração de variáveis como vazão em massa ou fluxo de massa (m), pressão(p) e temperatura (T). Essas variáveis descrevem o estado do vapor, água quente ou outros. Já a demanda por energia elétrica é caracterizada somente pela potência (W) necessária para suprir as necessidades da empresa em questão.

A necessidade simultânea de energia térmica e energia elétrica associada à análise econômica, que envolve a demanda do processo, custos de combustíveis e tarifas das concessionárias, permite verificar a possibilidade da cogeração de energia. A cogeração é definida como um processo de produção simultânea e seqüenciada de energia mecânica, que pode ser utilizada diretamente no processo ou utilizada para mover um gerador produzindo energia elétrica, e de energia térmica (calor ou frio). As centrais de cogeração podem operar em paridade térmica ou em paridade elétrica.

Tabela 1 – “Variáveis de entrada e resultados fornecidos pelo software”

PONTO	PARÂMETROS DE ENTRADA	PARÂMETROS DE SAÍDA (fornecidos pelo software)
“source001” - entrada	Vazão e pressão	Temperatura
“stream004” – entre a bomba e a caldeira	Pressão e temperatura de saída da bomba	Vazão
“generator001”	Potência elétrica	
“sink001” – processo consumidor de vapor	Pressão e temperatura	Vazão

Além disso, em ciclos a gás ou combinados, será necessário o conhecimento do combustível utilizado. O *software* possibilita a configuração de diversos tipos de combustíveis através da manipulação das porcentagens de substâncias para tentar chegar a composições próximas as do combustível real. Com isso, o *software* fornecerá o poder calorífico do combustível e poderá calcular a vazão em massa necessária desse para suprir a demanda energética. Pode-se ressaltar que o *software* poderá simular o mesmo sistema térmico com todos os possíveis combustíveis de modo a encontrar a melhor alternativa de combustível, como ocorre na figura 5.

Outra necessidade, para a modelagem e simulação de um sistema térmico, é a análise da biblioteca disponível no *software*. Aliado a isso o conhecimento dos possíveis ciclos (vapor, gás e combinado), permitirá a configuração do sistema térmico desejado. O módulo PSE possibilita anexar novos equipamentos configurados no módulo MDK, com isso podem ser geradas novas bibliotecas.

Frequentemente, após toda a modelagem do sistema, ou seja, da configuração do sistema com os equipamentos que o formarão, surgem diversas dúvidas no momento da simulação, já que a simulação neste tipo de software está muito propensa a erros de cálculo humano.

Uma vez que se empregará a ferramenta computacional para a composição da configuração, a solução final é obtida por meio da substituição de valores nos equipamentos-base, tarefa com significativo nível de dificuldade tanto para um projetista iniciante quanto para o experiente.

As dificuldades acerca das variáveis termodinâmicas de entrada no software estão dentre as mais frequentes: Quais variáveis termodinâmicas inserir?; Quais variáveis utilizar? Ou Quais variáveis inserir primeiro?

Ao simular sistemas térmicos deve-se passar um volume de controle em cada equipamento que compõe o sistema. As primeiras variáveis termodinâmicas a serem inseridas são as que representam a demanda do processo, isto é, a simulação tem início pelo final do sistema térmico em que são inseridas variáveis como, por exemplo, a vazão em massa de vapor, a temperatura de saída de água quente ou a potência a ser gerada pelo gerador.

O projetista deve analisar um equipamento após outro até chegar ao início do sistema e sempre considerar a Primeira Lei da Termodinâmica e a Conservação de Massa. Além disso, não deve esquecer as variáveis já inseridas nos equipamentos anteriores para evitar redundância nos sistemas de equações, pois o software ao simular o sistema faz os cálculos de todo o resto.

Referências Bibliográficas

BALESTIERI, J.A.P. Cogeração: geração combinada de eletricidade e calor. Edição 1. Florianópolis: Ed. da UFSC, 2002. 279.

SILVA, A. M.; HOLANDA, M. R.; BALESTIERI, J. A. P.; FILHO, P. M. Simuladores para análise de projetos de sistemas de cogeração. IX CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA E CIENCIAS TÉRMICAS, 2002.

BALESTIERI, J. A. P. Fundamentos de Máquinas Térmicas. Brochura, Guaratinguetá, 2005.

Bolsa: FAPESP