

4 Conclusões

4.1 Conclusões

No Capítulo 2, foi realizada a simulação de um sistema de cogeração, para a produção simultânea de energia elétrica e frio, com dois motores térmicos, uma turbina a gás e um motor a combustão interna, operando em paralelo. A simulação foi desenvolvida a partir de um modelo matemático baseado em uma análise de primeira e segunda leis da termodinâmica. Curvas típicas de eficiência térmica foram empregadas para descrever tanto a turbina a gás quanto o motor a combustão interna, permitindo um estudo realista da operação destes motores térmicos em condições de carga total e carga parcial.

Para a análise dos resultados obtidos fez-se necessário retomar as premissas de Abedin (2003) que serviram de base ao estudo. Segundo o autor, a utilização de dois motores primários, grupo gerador com turbina a gás e grupo gerador com motor de combustão interna a gás, para aproveitar as diferentes eficiências a carga parcial e, conseqüentemente, a disponibilidade do calor de rejeito, serviria para balancear a relação calor-potência.

Esta afirmação, traduzida nos termos do presente estudo, significaria que o uso predominante da turbina seria preferível quando: (i) as demandas de frio fossem altas em relação às demandas de potência, isto é $\dot{Q}_{DE} > \dot{W}_{DE}$ ou, em outros termos, para valores pequenos da relação de demandas, R , e (ii) quando a demanda de potência elétrica \dot{W}_{DE} tendesse à máxima potência $\dot{W}_{DE;\max}$, ou seja, $g_w \approx 1$. Nestas duas condições, esperava-se que os rendimentos globais da planta fossem maiores com o uso da turbina ou, em outras palavras, com I tendendo à unidade.

A observação dos resultados mostra o seguinte:

- Para o caso #1, demanda de frio igual à produção do *chiller* de absorção, com o aumento de I , a razão de conversão da energia aumenta e a eficiência racional diminui. Com o aumento de R e do uso da turbina a gás, I , aumenta o valor de ECR . Entretanto, o rendimento exerético aponta para um resultado contrário. Portanto, nesta situação e segundo o critério de eficiência racional, não é mais eficiente para a planta usar a turbina.

- No caso #2, produção de frio pelo ciclo de absorção excedendo a demanda, com um aumento da demanda de frio e a manutenção da demanda elétrica, isto é, uma redução de R , tanto a razão de conversão da energia quanto a eficiência racional, aumentam. Porém, os maiores valores de eficiência ocorrerão sempre para valores de menores de I , apontando para o uso exclusivo do motor de combustão interna.

- No caso #3, demanda de frio excedendo a produção frigorífica do *chiller* de absorção, tanto a razão de conversão da energia quanto a eficiência racional diminuem quando I aumenta, isto é, quando se opera predominantemente com a turbina. Quando R aumenta, mantendo-se I constante (mesma distribuição de carga entre os dois motores), a razão de conversão da energia diminui e a eficiência racional aumenta.

- Tanto no caso #2 quanto no #3, com o aumento da demanda elétrica, ($g_w \rightarrow 1$), mantêm-se as mesmas tendências referentes ao aumento de I .

O acima exposto mostra que:

- Em nenhuma das três situações analisadas é mais conveniente usar a turbina no lugar do motor.

- Os critérios de avaliação da planta, razão de conversão da energia e eficiência racional, apontam para resultados diferentes entre si. Isto se deriva do fato de que o primeiro parâmetro, ECR , baseado nos valores da energia, não reflete a “qualidade” das diferentes corrente energéticas envolvidas, aspecto este que o critério da eficiência racional (ao estar baseado nas exergias) considera.

As principais conclusões derivadas da análise do sistema de cogeração objeto de estudo do Capítulo 2 são listadas a seguir.

1. A medida sugerida por Abedin (2003) não mostrou o efeito esperado, pois, para motor e turbina de capacidades comparáveis,

sempre é preferível, do ponto de vista termodinâmico trabalhar, com predomínio do motor a combustão interna.

2. Visto que os dois critérios usados apontam para decisões contraditórias, é preferível adotar o critério da eficiência racional na hora de tomar decisões a respeito das condições de operação do sistema (devido ao fato de estar baseado no cálculo das exergias e, portanto, ser mais realista).
3. Os resultados anteriores são aplicáveis para motor e turbina de capacidades comparáveis. Na prática, entretanto, as turbinas a gás e os motores de combustão interna são elegíveis para atenderem a faixas de demanda diferentes (Fletcher e Walsh, 1998). A vantagem de se trabalhar com os dois motores térmicos, conforme preconizado por Abedin (2003), resultaria caso eles atendessem a faixas de demandas diferentes. A comprovação de esta conclusão exigiria um novo estudo com o modelo aqui desenvolvido.

No Capítulo 3, foi realizado o levantamento das características físicas e nominais do refrigerador por absorção ROBUR modelo GAHP-W. Elaborou-se um modelo matemático característico deste equipamento, baseado nas equações fundamentais de conservação de massa e de energia, nas equações de transferência de calor e de massa, definidas com base no método da efetividade, e nas equações de propriedades termodinâmicas dos fluidos envolvidos. Tal modelo permitiu definir os estados termodinâmicos de todos os pontos notáveis do sistema operando em regime permanente.

A maior dificuldade encontrada no processo de simulação foi com limitação do software usado (EES, 2004) para determinar as propriedades da mistura água-amônia para concentrações maiores que 0,99. Entende-se que a faixa de concentração entre 0,99 e 1 é de grande relevância à análise do ciclo. Por um lado, há evidências (Fernandes-Seara e Sieres, 2006) de que o desempenho do ciclo termodinâmico cai drasticamente se a concentração no circuito de “amônia” se afastar, por pouco que seja, da condição de amônia pura. Por outro lado, no desenvolvimento de um protótipo, é de se esperar retificações imperfeitas do fluido de trabalho.

Cumprе lembrar, em favor do software EES, que este é um pacote com ampla gama de aplicações, o qual permite um rápido desenvolvimento de modelos. Igualmente, é uma excelente ferramenta na montagem de um modelo matemático, com um ambiente que permite fácil visualização das equações, variáveis e resultados.

As principais conclusões derivadas da análise do sistema de refrigeração por absorção objeto do estudo do Capítulo 3 são listadas a seguir.

4. Quando comparados com os dados experimentais, os resultados obtidos pela simulação apresentaram valores aceitáveis.
5. O modelo obtido foi capaz de reproduzir as condições de máximas taxas de calor, observadas experimentalmente para as potências de refrigeração e de rejeito (Pereira, 2006b), ao se variarem as vazões da mistura água-etilenoglicol e da água quente, respectivamente.
6. A variação dos parâmetros medidos experimentalmente, vazões da mistura água-etilenoglicol e da água quente, influi em certos parâmetros cuja determinação é de utilidade, tanto para a operação do sistema quanto para o desenvolvimento do protótipo, proposto pelo projeto DORAGEX (Pereira, 2006b). A determinação desta influência mostrou-se viável com o presente modelo.
7. Os parâmetros mais sensíveis à variação das vazões da mistura água-etilenoglicol e da água quente, segundo o modelo proposto, são: as pressões de evaporação e condensação, as potências frigorífica e de rejeito, a vazão de refrigerante e a efetividade do absorvedor resfriado por água.

4.2

Recomendações para trabalhos futuros

Recomenda-se, para a continuidade do presente trabalho, as seguintes ações:

1. Enriquecer a análise do sistema de cogeração, objeto de estudo do Capítulo 2, com um caráter mais geral, isto é, para n máquinas térmicas com m máquinas frigoríficas.

2. Aplicar o modelo desenvolvido para avaliar outras possíveis configurações.
3. Considerar a implementação do modelo do sistema de absorção em um outro software, FORTRAN, por exemplo, que permita atender altas concentrações da mistura água amônia, entrando com as equações de propriedades para a mistura.
4. Aprimorar o modelo matemático liberando-o da dependência de dados e correlações empíricos.
5. Usar a determinação das exergias, realizada no presente trabalho, para implementar uma análise termoeconômica dos sistemas estudados.