

Rita de Cássia Roes e José Vicente Hallak d'Angelo

email: ritaroes@gmail.com e dangelo@feq.unicamp.br

Departamento de Engenharia de Sistemas Químicos – FEQ/UNICAMP

Palavras-chave: trigerção – simulação – termodinâmica

## Introdução

- Preocupação ambiental → necessidade de desenvolver tecnologias mais limpas e mais eficientes: redução na emissão de gases estufa e minimização do desperdício.
- Sistema de Trigerção → produção simultânea de trabalho, calor e frio, partindo de uma mesma fonte de energia: aumento na eficiência do sistema quando comparado à produção de cada utilidade separadamente.
- Objetivos: investigar a influência de algumas variáveis operacionais sobre a eficiência termodinâmica de um sistema de trigerção, assim como a influência sobre a distribuição de utilidades produzidas no mesmo.

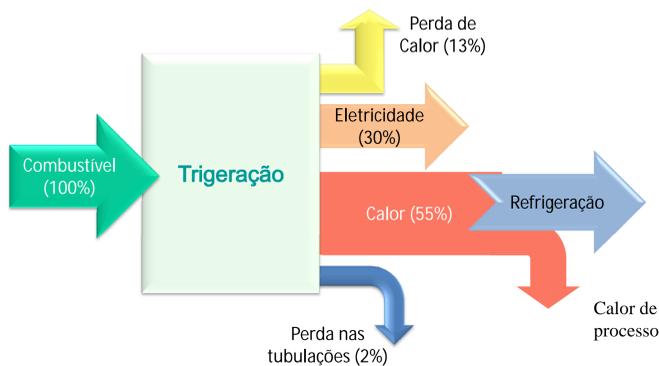


Figura 1: Ilustração do aproveitamento de energia em um sistema de trigerção (adaptado PTS consulting).

## Metodologia

- A tela de simulação do sistema de trigerção usado nesse trabalho é mostrada na Figura 2 e foi desenvolvida com base nos trabalhos de Ameri *et al.* [1] e Colonna e Gabrielli [2], sendo usado como simulador de processos o Aspen Hysys® (Aspen Technology) versão 7.3.

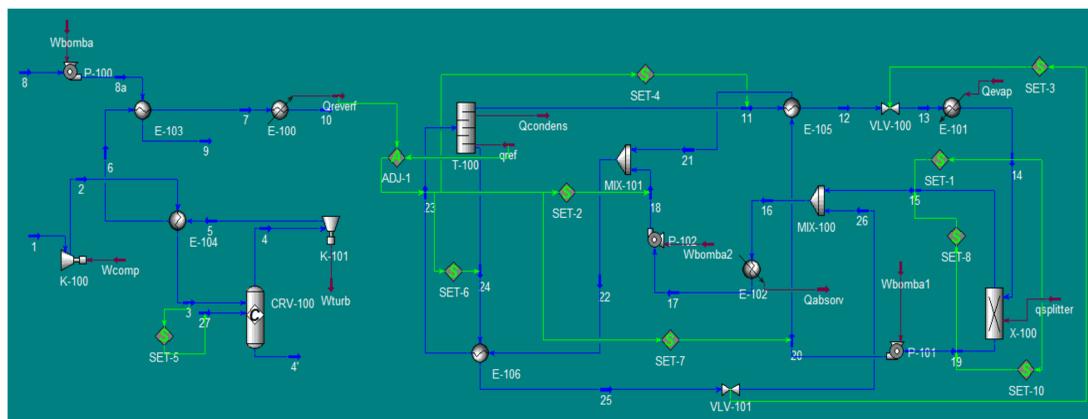


Figura 2: Tela de simulação do sistema de trigerção

Características do sistema:

- O combustível (corrente [27]) é gás natural queimado com ar em excesso (corrente [1]);
- O par refrigerante/absorvente usado no Ciclo de Refrigeração por Absorção é o NH<sub>3</sub>/H<sub>2</sub>O.

## Resultados

- Para o cálculo da energia disponível no sistema, foi usado somente a entalpia da combustão, calculada através do poder calorífico inferior (PCI) dos gases.

$$\dot{Q}_{in} = \sum_{j=1}^3 \dot{m}_{27,j} PCI_j$$

Tabela 1: Valores usados para as variáveis operacionais durante as simulações.

Variáveis	Valores usados
Diferença de pressão no CRA (kPa)	1120, 1320 e 1420
Porcentagem de ar em excesso (%)	100, 150 e 250
Pressão na caldeira (kPa)	1000, 3000 e 5000
Razão de compressão (P2/P1)	5, 10 e 15

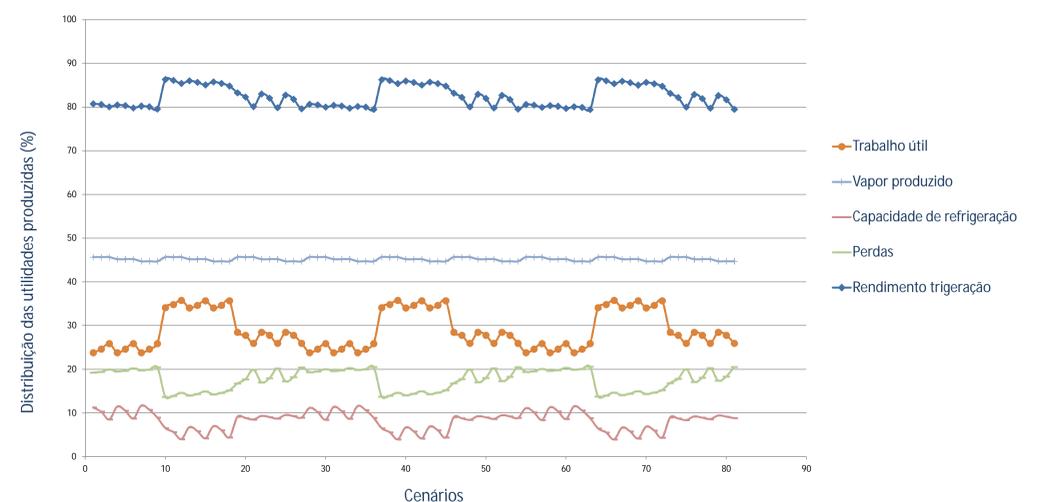


Figura 3: Distribuição de utilidades produzidas e rendimento global da trigerção para cada um dos 81 cenários apresentados.

## Conclusões

- Com a geração simples de trabalho pelo ciclo de potência foi obtida uma eficiência em torno de 30%. Já com a trigerção, os valores de eficiência ficam em torno de 83%, o que comprova os benefícios da utilização desse sistema.
- A razão de compressão igual a 10 foi a que possibilitou cenários com menores porcentagens de perdas, assim como as maiores porcentagens de trabalho útil produzido.
- Uma análise econômica ainda deve ser feita, levando-se em consideração o custo envolvido na implementação dessa tecnologia e a economia esperada ao usá-la.

## Referências Bibliográficas

- [1] Ameri M, Behbahania A, Tanha, AA. Thermodynamic analysis of a tri-generation system based on micro-gas turbine with a steam ejector refrigeration system. Energy 2010; 35: 2203-9.
- [2] Colonna P, Gabrielli S. Industrial trigeneration using ammonia-water absorption refrigeration systems (AAR). Applied Thermal Engineering 2003; 23: 381-396.