

# AVALIAÇÃO DA PERDA DE CARGA NA ENTRADA EM EXPANSORES SCROLL VIA CFD

Ricardo Barbosa de Almeida<sup>1</sup>, Prof. Dr. Paulo Eduardo Batista de Mello<sup>3</sup>

<sup>1,3</sup> Engenharia Mecânica, Centro Universitário FEI

ricardo\_barbosa.a@hotmail.com e pmello@fei.edu.br

**Resumo:** O presente projeto tem como objetivo estudar numericamente, via CFD, a perda de carga na entrada de uma turbina (ou expansor) do tipo scroll trabalhando com ar comprimido. Estas perdas ocorrem devido ao bloqueio parcial na seção transversal de entrada de aproximadamente 48,6% [1], ao longo de cada revolução. Serão avaliadas alternativas para alteração da geometria da entrada do expansor scroll, com o objetivo de reduzir a perda de carga causada na entrada do bocal, aumentando a eficiência da máquina.

## 1. Introdução

Atualmente, um assunto muito relevante no setor de energia é a geração de energia elétrica de forma inteligente e limpa. O avanço tecnológico abriu portas para novas formas de aproveitamento de energia que anteriormente eram descartadas. Um grande exemplo disto é o sistema de Recuperação de Calor Rejeitado, do inglês Waste Heat Recovery (WHR), o qual aproveita a energia encontrada no calor que antes era rejeitado normalmente para o ambiente. Atrélado a isto, outros estudos surgiram como apoio, como é o caso do Ciclo de Rankine Orgânico, do inglês Organic Rankine Cycle (ORC). O ORC consiste basicamente dos mesmos componentes de um ciclo de Rankine convencional [2], mudando apenas o fluido de trabalho. O fluido usado apresenta ponto de ebulição mais baixo que o da água. Conseqüentemente, o ORC consegue gerar energia através de fontes de calor de baixa temperatura, sendo ideal para o sistema WHR [2]. Quoilin et al. [2] comentam em sua pesquisa que a eficiência global do sistema é altamente afetada pela escolha do expansor e sua respectiva eficiência. Com isso, diversos estudos apontam o expansor tipo scroll como o melhor tipo de máquina de fluxo para este tipo de aplicação [3].

### 1.1 Funcionamento do expansor scroll

O expansor scroll é formado basicamente por três componentes: scroll móvel, scroll fixo e eixos excêntricos. A figura 1 apresenta os principais componentes de um expansor tipo scroll.

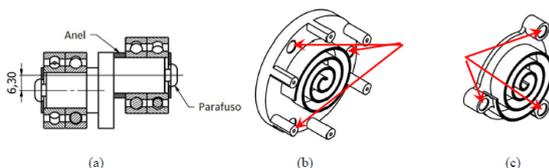


Figura 1 - (a) Eixos excêntricos, (b) scroll fixo e (c) scroll móvel, indicando a posição de montagem dos eixos excêntricos. Fonte: [4].

Ao injetar um fluido com alta pressão na câmara de sucção, o mesmo se expande passando por todas as

câmaras adjacentes gerando assim potência de saída. A figura 2 apresenta as fases realizadas ao completar uma revolução.

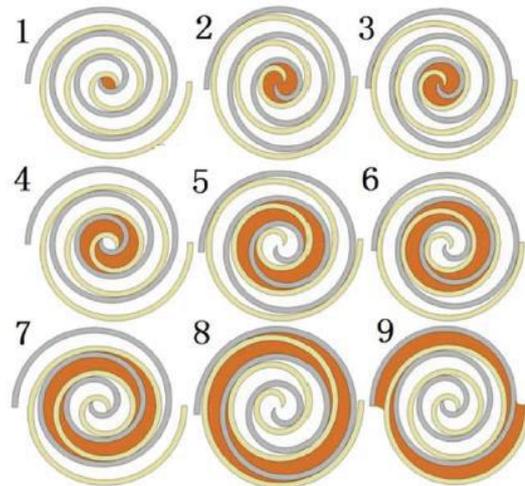


Figura 2 - Movimento orbital do scroll móvel e formação das câmaras de sucção, expansão e descarga ao longo de uma revolução. Fonte: [5].

### 1.2 Perda de carga na entrada

Além dos fatores de perda devido aos vazamentos internos existentes em um expansor scroll, estudos apontam outra perda que ocorre devido ao bloqueio parcial na entrada da câmara de sucção. Este bloqueio ocorre devido à movimentação do scroll móvel e do posicionamento do bocal de entrada do expansor. Song et al. [6] apontam que o efeito de bloqueio da entrada associado ao posicionamento do bocal de entrada, tem um papel extremamente importante no desempenho transiente do expansor. Foi estudado a influência da posição do bocal de entrada no desempenho do expansor, movido a R123, através da metodologia numérica (CFD). Foram estudados três posicionamentos (SE1, SE2 e SE3), conforme mostrado na figura 3.

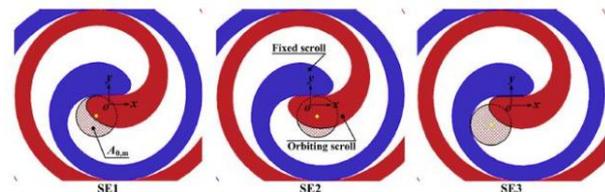


Figura 3 – Diagrama esquemático do posicionamento do bocal de entrada. Fonte: [6].

Além dos fatores já apontados sobre a perda de carga na entrada, o bloqueio causa a distribuição não uniforme de pressão entre as câmaras simétricas. Chang et al. [7] explora este efeito via CFD, apontando a

distribuição inadequada devido ao bloqueio. A figura 4 apresenta os resultados obtidos nas simulações.

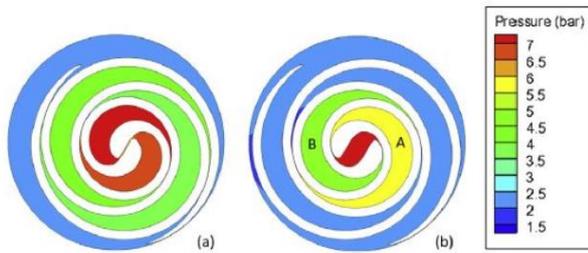


Figura 4 - Distribuição de pressão durante o processo de sucção do expansor scroll. a) processo de sucção, b) sucção completa. Fonte: [7].

Este tipo de distribuição pode causar problemas vibracionais e ruídos, além de prejudicar o desempenho do expansor como um todo. O resultado mostra nitidamente a diferença de pressão entre as câmaras A e B.

## 2. Metodologia

Para alcançar os objetivos do projeto serão realizadas simulações computacionais utilizando o método dos volumes finitos, descrito em detalhes em [8]. O método dos volumes finitos é bastante utilizado na área de mecânica dos fluidos computacional (CFD) por ser um método de solução de sistemas de equações diferenciais conservativo. Portanto, a solução das equações de conservação (massa, quantidade de movimento e energia) satisfaz a conservação em cada um dos volumes de controle da malha, considerando que o critério de convergência seja satisfeito. A solução numérica das equações diferenciais de conservação requer uma malha de cálculo. Devido à natureza da geometria considerada no presente trabalho será utilizada uma malha móvel.

## 3. Resultados

As figuras 5 e 6 demonstram os resultados obtidos durante as simulações via CFD. Através dos resultados fica nítido que a perda de carga varia em função do ângulo da scroll móvel e a vazão mássica.

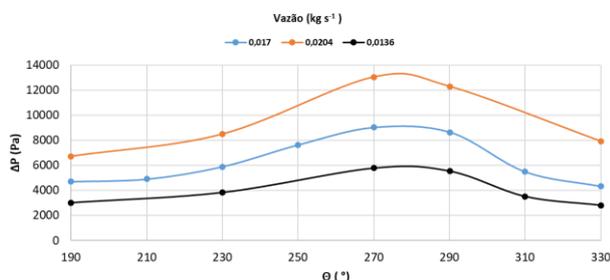


Figura 5 – Perda de carga em função do ângulo do scroll móvel. Fonte: Autor.

Os dados apontam que entre os ângulos de 270° e 280°, se encontra a maior perda de carga. Isto ocorre pois neste exato momento aparece o maior bloqueio conforme apresentado na figura 6.

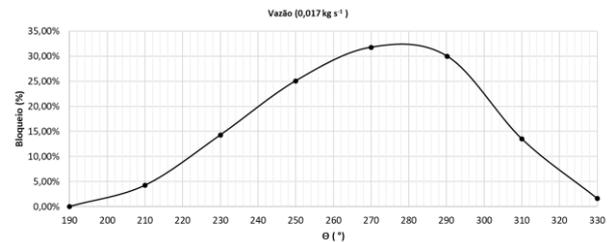


Figura 6 – Bloqueio em função do ângulo do scroll móvel. Fonte: Autor.

## 4. Conclusões

Os testes comprovam a influência do bloqueio na perda de carga do expansor, prejudicando assim seu desempenho. O próximo passo será a mudança da geometria da parede próximo a entrada do scroll móvel, com o objetivo de reduzir a perda de carga na entrada.

## 5. Referências

- [1] SILVA, F. M. F. Estratégia para simulação CFD de um expansor scroll. 2017. Dissertação (Dissertação de Mestrado) - Centro Universitário FEI, São Paulo - Brasil.
- [2] QUOILIN, S. et al. Techno-economic survey of organic rankine cycle (orc) systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 22, p. 168 - 186, 2013. ISSN 1364-0321.
- [3] FANTI, G. R.; DONATO, G. H. B.; MELLO, P. E. B. de. A novel scroll expander for flank leakage investigation: preliminary tests. In: ECOS. [S.l.: s.n.], 2017. p. 1–9.
- [4] ROMÃO, Douglas. Análise experimental dos efeitos dos vazamentos internos no desempenho de um expansor tipo scroll. Douglas Araujo Romão. Dissertação de mestrado, São Bernardo do Campo, 2017.
- [5] WU, Zhu et al. Experimental testing and numerical simulation of scroll expander in a small scale organic Rankine cycle system. *Applied Thermal Engineering*, v. 87, p. 529-537, 2015.
- [6] SONG, P. et al. Effects of suction port arrangements on a scroll expander for a small scale orc system based on cfd approach. *Applied Energy*, Elsevier, v. 150, p. 274–285, 2015.
- [7] CHANG, J.-C. et al. Experimental study and cfd approach for scroll type expander used in low temperature organic rankine cycle. *Applied Thermal Engineering*, Elsevier, v. 73, n. 2, p.1444–1452, 2014.
- [8] VERSTEEG, H. K.; MALALASEKERA, W. An introduction to computational fluid dynamics: the finite volume method. [S.l.]: Pearson Education, 2007.

## Agradecimentos

À instituição Centro Universitário FEI pelo empréstimo de computadores adequados para as simulações e ao meu orientador Dr. Paulo Eduardo Batista de Mello por todo o conhecimento e tempo investido.

<sup>1</sup> Aluno de IC do Centro Universitário FEI. Projeto com vigência de 03/18 a 03/19.