Separação Supersônica

O SISEA, desde sua criação, tem como foco o desenvolvimento de processos e equipamentos que permitam o desenvolvimento sustentável das organizações para produção de bens e serviços. Seguindo essa diretriz, em 2018, foi estabelecido um projeto conjunto entre a Shell e a Fapesp visando a remoção do dióxido de carbono, CO_2, do gás natural extraído dos poços de petróleo dos campos de extração da camada pré-sal. Estas camadas, constituem reservas essenciais para o desenvolvimento e independência energética brasileira. No entanto, o teor de dióxido de carbono nestes poços pode atingir valores de até 80%, teores muito elevados que dificultam a viabilidade operacional destes poços em termos econômicos e de impacto ambiental.

Assim, foi proposto como alternativa para separação e captura do CO_2 presente no gás natural o uso de um separador supersônico. Este tipo de dispositivo baseia-se no princípio de funcionamento de um bocal convergente-divergente, no qual a mistura gasosa é acelerada a velocidades superiores à velocidade do som (supersônico).

Neste tipo de dispositivo, a rápida aceleração do escoamento para números de Mach supersônicos é obtida às custas de uma redução drástica da temperatura da mistura, levando o CO_2 presente para a zona de mudança de fase densa-vapor (líquido ou sólido). Uma vez atingida a condensação do CO_2, a fase densa formada pode ser coletada e, consequentemente, o CO_2 separado da mistura gasosa.

O uso deste dispositivo para separação de CO_2 apresenta diversas vantagens, entre elas pode-se citar que o dispositivo é compacto, não utiliza reatores químicos e não apresenta peças móveis, o que leva a uma baixa manutenção e alta confiabilidade, e, por ser um dispositivo passivo, é possível recuperar a alta pressão, diminuindo a potência consumida para compressão do escoamento.

Como um dos resultados do projeto iniciado em 2018, a equipe do SISEA projetou, construiu e comissionou uma instalação de testes para este tipo de dispositivo, conforme mostrado nas Figuras 1 e 2.

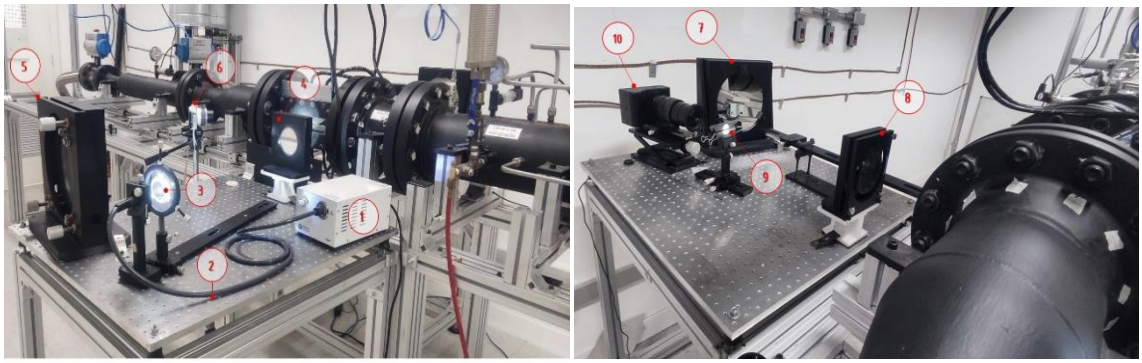

Figura 1 – Banca para testes de bocais supersônicos

Figura 2 - Fachada externa do laboratório do separador supersônico. Em detalhe: tanque de Mistura Ar seco - CO_2.

O projeto, desenvolvimento e implantação da instalação para testes de separadores de gás supersônicos foi bem sucedido em muitos aspectos. Prova disso é a imagem retratada na Figura 3, obtida da tese de doutorado de Restrepo Lozano [1], que mostra o CO_2 condensado no interior do bocal supersônico. Neste projeto, foi construído um bocal planar de Laval e testado com misturas de CO_2 e ar seco. Na Figura 3, pode-se visualizar a garganta do bocal (área mínima) à esquerda e a condensação do CO_2 (área escura) à direita, capturada pela técnica óptica de Schilieren.

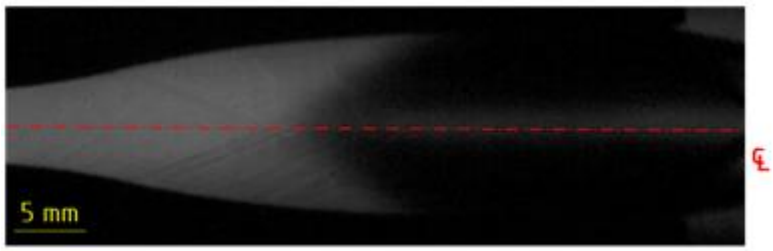

Figura 3 - Condensação de CO2 no interior de um bocal supersônico. P = 22 bar; T = 22°C; 13,6% CO2 [1]

A instalação está plenamente funcional para testes, permitindo trabalhar com misturas com até 50% (vol.) de CO_2 e pressões de estagnação de até 45 bar. Porém, no estágio de desenvolvimento que se encontra, a instalação permite a visualização da condensação do CO_2, mas não a efetiva separação do mesmo. Assim, atualmente está sendo desenvolvida uma continuação deste projeto, com objetivo de implementar um bocal convergente-divergente, otimizado para a condição de operação definida, e um difusor com unidade de separação, possibilitando não só recuperar a pressão, mas também separar a fase condensada de CO2.

[1] Restrepo Lozano, J. *Theoretical and experimental study of carbon dioxide content removal from dry air by supersonic gas separation technique*, Ph.D. thesis in Mechanical Eng., Escola Politécnica at Universidade de São Paulo, Brazil (2022).