

EQUILÍBRIO LÍQUIDO-VAPOR DE SISTEMA AQUOSO COM MONOETILENOGLICO À 650 mbar

A. K. FERNANDES¹, D. J. SILVA¹, M. P. HENRIQUE¹ e O. CHIAVONE-FILHO¹

¹ Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Departamento de Engenharia Química
E-mail para contato: karoline.equimica@hotmail.com

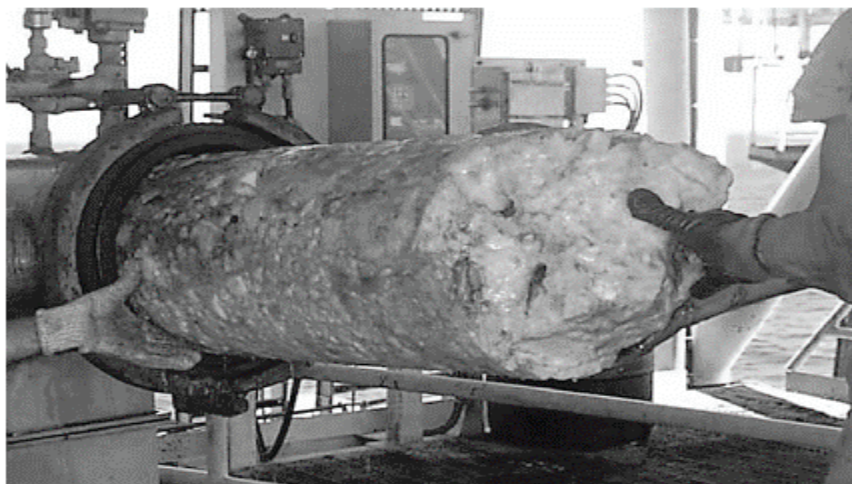
RESUMO – A indústria de processamento de gás natural e condensados sofre com a formação dos chamados hidratos de gases que são comumente formados nas linhas de produção com condições ótimas de temperatura e pressão podendo impedir ou até mesmo paralisar o processo causando prejuízos. Os hidratos de gás são formados entre associações de hidrocarbonetos leves e água produzida nas reservas de gás natural e apresentam-se na forma de cristais. Para combater esse problema a indústria passou a utilizar inibidores termodinâmicos como o monoetilenoglicol (MEG) que são capazes de alterar o ponto de congelamento ou formação dos hidratos. A utilização do MEG também contribui devido apresentar baixa toxicidade ao meio ambiente, ser bastante higroscópico e poder ser regenerado. Pelo seu poder de regeneração, a indústria de gás natural apresenta as Unidade de Regeneração do MEG, para isso são importantes conhecer o comportamento de sistemas binários MEG e água. Uma das maneiras de prever comportamentos desses sistemas é a construção de diagramas de Equilíbrio Líquido-Vapor (ELV) que foi o intuito do trabalho. Enaltecendo ainda mais o apelo econômico e ambiental da reutilização do inibidor aqui citado, monoetilenoglicol.

1. INTRODUÇÃO

O gás natural é uma subcategoria do petróleo que ocorre naturalmente e é formado por misturas complexas de hidrocarbonetos com uma quantidade menor de compostos inorgânicos (HEIDEYRAN et al, 2010 a). O gás natural, quando é extraído, não se apresenta associado com a água no meio em que ele estava, poços, a chamada água produzida ou água livre. A água produzida é formada, por sua vez, pela associação de água com sais. Assim, quando o gás natural é processado ele vem para a plataforma rico em água produzida. A associação de gás natural e água produzida ocasiona um dos maiores problemas das indústrias de processamento de gás natural e condensados: formação de hidratos de gás.

A água produzida ou “livre” (ROSSI, 1990), em baixas temperaturas e altas pressões congela e, conseqüentemente, “encapsula” as moléculas de hidrocarbonetos presentes formando uma espécie de cristal (HEIDAYRAN et al, 2010 b). Esses hidratos, dependendo do tamanho que se formam podem até paralisar a atividade industrial causando prejuízos econômicos. Vide Figura 1, um “plug” de gás, ou hidrato de gás.

Figura 1 - Hidrato de gás.

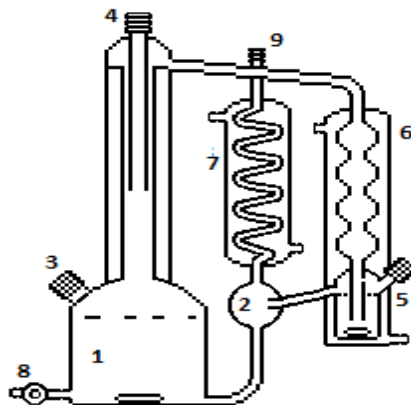


Para combater o problema apresentado a indústria passou a utilizar inibidores termodinâmicos como o glicol chamado de MEG ou monoetilenoglicol. Ele apresenta-se com uma alternativa viável uma vez que é capaz de alterar o ponto de congelamento evitando a formação de hidratos, apresenta baixa toxicidade, além de ser higroscópico, ou seja, capaz de reduzir a atividade da água no meio. O MEG pode também ser reutilizado no processo através de sua regeneração viabilizando seu uso com justificativa tanto econômica como ambiental. Assim, visando as Unidades de Regeneração do MEG disponíveis nas indústrias de processamento de gás natural, foram construídos diagramas de Equilíbrio Líquido-Vapor (ELV), afim de observar o comportamento do MEG em meio aquoso e otimizar as atividades industriais.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Os diagramas de ELV foram construídos a baixa pressão – 650 mbar. O método consiste na utilização de um ebuliômetro do tipo Othmer modificado que funciona de acordo com a recirculação da fase vapor, conforme apresentado na Figura 2. Acoplado ao ebuliômetro esta banho termostático, agitadores magnéticos, o *Fischer System* que atua como controlador da pressão desejada. As variáveis temperatura e aquecimento são controladas através do programa computacional ACQDATA.

Figura 2 - Ebuliômetro do tipo Othmer.



Fonte - Estudos termodinâmicos do processo de regeneração do monoetileno glicol, 2ª Etapa.

O equilíbrio termodinâmico é atingido quando a temperatura não varia depois de aproximadamente uma hora e meia. Outras evidências de equilíbrio é a observação do ebuliômetro bastante úmido internamente, bem como um gotejamento constante de aproximadamente 10 à 15 gotas por minuto.

Com a análise da densidade, utilizando-se o densímetro digital Anton Paar, modelo 4500, é possível encontrar as frações mássicas e transformá-las em molar, de MEG no meio através de equações polinomiais obtidas em estudos anteriores da equipe, como a Equação 1 abaixo:

$$(1) \quad x = 379,639565157\rho^3 - 1178,312149175\rho^2 + 1226,329136990\rho - 427,633869880$$

Em que “x” é a fração mássica de MEG e o “ ρ ” é a densidade obtida da solução ao final de cada experimento.

O modelo termodinâmico que mais se adequou ao sistema estudado de MEG e água foi o de Antoine, Equação 2 (SMITH, et al, 2000).

$$(2) \quad \ln P = A - \frac{B}{T + C}$$

Em que as constantes de Antoine utilizadas estão na Tabela 1.

Tabela 1. Constantes de Antoine

Constantes de Antoine	MEG	ÁGUA
A	7,76432	8,07131
B	1851,1880	1730,630
C	181,744	233,426

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

As curvas de equilíbrio do sistema binário MEG e água foram construídas relacionando a temperatura (°C) e fração de MEG variando de 0 à 100% sendo comparados com o Modelo de Antoine que melhor se adequou ao sistema estudado na pressão de 650 mbar. Foi construída uma curva de Pressão de Vapor de MEG puro versus temperatura, mostrando que nossos resultados estão confiáveis, uma vez que se faz a comparação com dados de pressão de Vapor de MEG da literatura com os dados experimentais obtidos. Vide Gráficos 1 e 2 respectivamente.

Gráfico 1- Curva de ELV à 650 mbar. Dados experimentais e Modelo de Antoine.

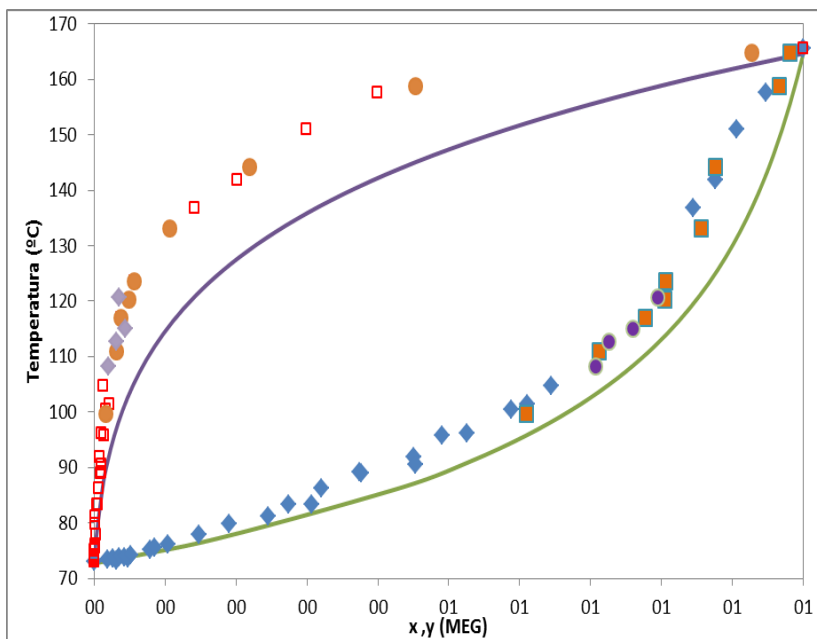
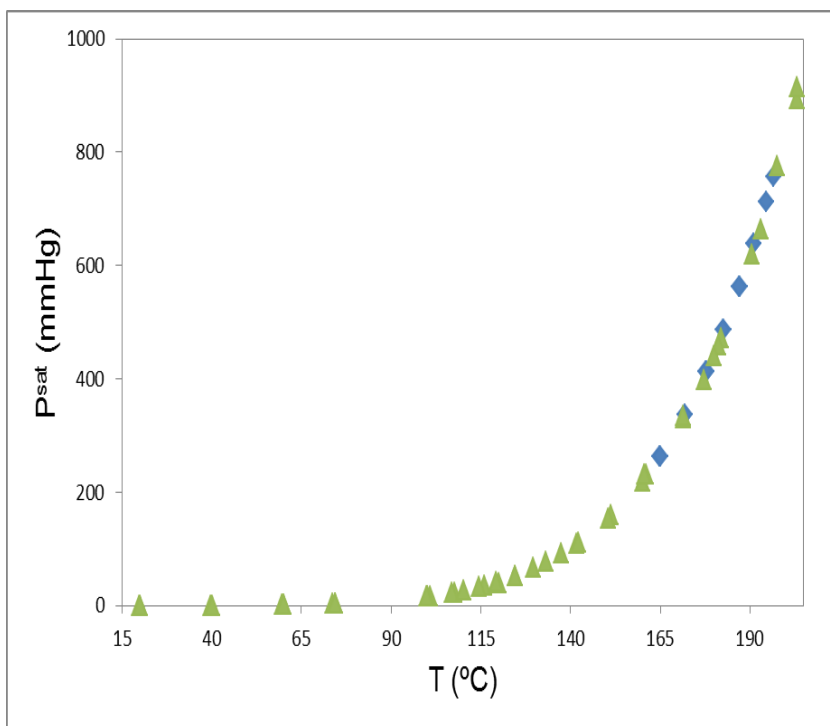


Gráfico 2 - Pressão de vapor do MEG puro versus temperatura.



4. REFERÊNCIAS

- HEIDARYAN, E.; SALARABADI, A.; MOGHADASI, J.; DOORBASH, A.
A new high performance gas hydrate inhibitor, *J. of Natural Gas Chemistry*, 19, 2010 a, p. 323-326.
- HEIDARYAN, E.; MOGHADASI, J.; MASOUD, R.
New correlations to predict natural gas viscosity and compressibility factor. *J. of Petroleum Science and Engineering*, 73, 2010 b, p. 67-72.
- ROSSI, L. S. F. Formação de hidratos em sistemas de gás natural.
Dissertação de Mestrado, FEM/UNICAMP, Campinas, SP, Brasil, 1990.
- SMITH, J.M.; VAN NESS, H.C.; ABBOTT, M.M.
Introdução à Termodinâmica da Engenharia Química. 5ª Edição. LTC EDITORA, 2000.
- TRIMBLE, H. M.; POTTS, W. Glycol-Water Mixtures.
I and Engineering Chemistry. Vol. 27, nº 1, 66-68. 1935.