

# **SIMULAÇÃO DO PROCESSAMENTO PRIMÁRIO DE GÁS NATURAL USANDO O SIMULADOR ASPEN PLUS**

A. F. B. FERREIRA<sup>1</sup>, N. S. AMORIM<sup>2</sup> e K. B. OLIVEIRA<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Universidade do Estado do Amapá, Colegiado de Engenharia Química

<sup>2</sup> Universidade do Estado do Amapá, Colegiado de Engenharia Química

<sup>3</sup> Universidade Federal do Pará, Colegiado de Engenharia Química  
ailtonfreitas\_ap@hotmail.com

**RESUMO** – O gás natural tem o metano ( $\text{CH}_4$ ) como principal componente, porém apresenta contaminantes como gás sulfídrico ( $\text{H}_2\text{S}$ ) e dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ). Para fins comerciais, o gás natural deve estar isento desses contaminantes. No seu condicionamento, o gás natural é submetido a etapa de adoçamento ou dessulfurização, que consiste na remoção dos gases ácidos  $\text{H}_2\text{S}$  e  $\text{CO}_2$ , através de soluções de aminas, tais como a monoetanolamina (MEA) e a dietanolamina (DEA). Esses contaminantes podem provocar a formação de hidratos, obstruindo o transporte do gás e acelerando o processo de corrosão nas tubulações de um gasoduto. Uma forma de avaliar a dessulfurização é usando o simulador de processos ASPEN PLUS. A vantagem da utilização desse simulador é que se pode variar diferentes condições de processo. Dessa forma, o presente trabalho tem como objetivo avaliar o comportamento de uma planta de processamento primário, através de uma coluna de absorção, com o uso da DEA, com a posterior regeneração da amina.

Gás natural, Condicionamento, Adoçamento, Dessulfurização, ASPEN PLUS.

## **1. INTRODUÇÃO**

“O gás natural, é constituído, em sua maioria, por hidrocarbonetos gasosos, cuja composição abrange do metano ( $\text{CH}_4$ ) ao hexano ( $\text{C}_6\text{H}_{14}$ ), sendo o metano o principal componente. Porém, ele pode apresentar outros componentes diluentes, em frações menores, como o nitrogênio, vapor d’água e contaminantes, como  $\text{H}_2\text{S}$  e  $\text{CO}_2$ .” (THOMAS, 2001).

Segundo Tavalera (2002), plantas de processamento de gás natural são, usualmente, projetadas para remover certos produtos, como gases ácidos e componentes condensáveis, necessários para produzir o gás em condições de mercado, portanto, a remoção desses contaminantes é de fundamental importância, pois o  $\text{H}_2\text{S}$  e  $\text{CO}_2$  são gases tóxicos e em contato com o vapor d’água, produzem hidratos que provocam a corrosão e o entupimento dos dutos e das válvulas das instalações, que transportam o gás natural.

Cordeiro (2011) define que, o processamento de gás natural é um processo complexo, sendo seu desenvolvimento baseado em conjunto de balanços de massa e energia, onde é fundamental a integração entre as diversas etapas do processo, de forma a garantir as especificações do produto final. Dessa forma, com o atual desenvolvimento dos computadores,

a simulação de processos químicos é essencial, pois os resultados obtidos nas simulações são cruciais nas tomadas de decisão de processos químicos reais. Com o uso de simuladores de processo, é possível representar completamente ou parcialmente diversas etapas de um processo químico real e, portanto, antecipar o comportamento de um processo que já ou não existe.

Portanto, a proposta do presente trabalho é avaliar o comportamento de uma planta de processamento primário de gás natural, representada pelo processo de *dessulfurização*, através de uma coluna de absorção gasosa sob diferentes condições de operação em termos de concentração e temperatura da solução aquosa de *dietanolamina* (DEA), com posterior regeneração da amina através do simulador de processos químicos ASPEN PLUS® 2006.

## 2. Revisão da Literatura

De acordo com Carvalho *et. al* (2007), dentre as técnicas de captura e separação de CO<sub>2</sub> e H<sub>2</sub>S de correntes gasosas, o processo de absorção gasosa é o mais utilizado.

A absorção gasosa, segundo Cremasco (2002), é uma operação unitária onde uma mistura gasosa é colocada em contato com um líquido, com o objetivo de remover um ou mais compostos da mistura gasosa. Blackadder (2004) e Nedderman (2004) enfatizam que na absorção gasosa, há transferência de material da corrente do gás para a corrente do líquido. Neste caso, ocorre uma redução na vazão de uma das correntes, enquanto que a vazão total da outra é aumentada e o processo é realizado em contracorrente, ou seja, a corrente do gás entra em contato com a solução aquosa, de forma contrária a esta.

O tratamento do gás natural emprega soluções de aminas para remover as substâncias indesejadas, isto é, CO<sub>2</sub> e H<sub>2</sub>S. Sobre esse assunto, Filho (2005) argumenta que vários processos estão disponíveis para o tratamento do gás natural, sendo que a maioria consiste na utilização de aminas, como solvente, através do processo de absorção química.

Talavera (2002) argumenta também que, a escolha da solução de amina num determinado processo químico, depende tanto de fatores termodinâmicos, como pressão e temperatura, assim como de fatores econômicos.

Sobre a escolha de aminas usadas para remover estes gases ácidos, Craidy (2009) comenta que as alcanolaminas, tais como a Monoetanolamina (MEA), a Dietanolamina (DEA) e a Metildietanolamina (MDEA), são as mais utilizadas. Mas, de acordo com Carvalho *et. al* (2007), as soluções de MEA são as mais corrosivas, em concentrações superiores a 20% (peso/peso), por causa disso, estão sendo substituídas pelas outras duas soluções. Já o uso da MDEA tem aumentado nos últimos anos, pois segundo Mendes (2012), quando comparada com as duas outras soluções, verifica-se que ela não precisa de uma energia elevada na etapa de regeneração, oferece maior resistência à degradação e a corrosão, no entanto, seu custo operacional é alto, pois ela não é produzida no Brasil. Desta forma, a DEA é a mais recomendada de acordo com Moreira (2006), pois ela apresenta uma corrosividade moderada, pode ser usada em concentrações maiores do que 20%, apresenta custo operacional baixo e remove satisfatoriamente tanto H<sub>2</sub>S, como CO<sub>2</sub>.

### 3. Metodologia

A etapa de dessulfurização foi simulada com o auxílio do software ASPEN PLUS® 2006, através de um processo de absorção química, realizado em condições de regime permanente, considerando o método de estágio em equilíbrio e sem utilizar o conceito da eficiência. Utilizou-se também para o processo uma solução aquosa de Dietanolamina, com o objetivo de analisar apenas as quantidades de  $H_2S$  e  $CO_2$  que saem do absorvedor ou da coluna de absorção, obtendo assim um gás doce, com teores menores dessas substâncias. Vale ressaltar que a escolha desta amina, ocorreu pelo fato de que em plantas industriais, esta apresenta menor corrosividade em concentrações superiores a 20%.

Durante as simulações, também variou-se as concentrações de DEA, assim como a temperatura de entrada da corrente de amina no absorvedor, com a intenção de analisar e verificar qual é a influência desses parâmetros no processamento primário do gás natural, mais precisamente na corrente de gás doce. Além disso, o modelo termodinâmico do equilíbrio líquido-vapor escolhido foi o de WILSON, pois este apresentou uma boa precisão nos cálculos, quando se considera a idealidade dos componentes.

#### 3.1. Descrição da simulação completa do processo de dessulfurização

Façaanha (2009) define a etapa de dessulfurização, como sendo a passagem do gás por uma coluna em contracorrente com um solvente básico, geralmente alcanolaminas; posteriormente, o solvente passa por outra coluna, na qual será regenerado e reciclado para o processo. A dessulfurização ocorre numa coluna de absorção, onde os gases serão absorvidos. Nesta etapa, a corrente de gás natural é denominada de GASRICO, pois apresenta alto teor de gases tóxicos, esta corrente é alimentada no fundo do absorvedor (COLUNA1). No topo desta coluna, sai a corrente de gás doce (GASDOCE), arrastando consigo  $CO_2$  e  $H_2S$  em frações menores do que aquelas que estão presentes na entrada do absorvedor, conforme mostra a Figura 1.

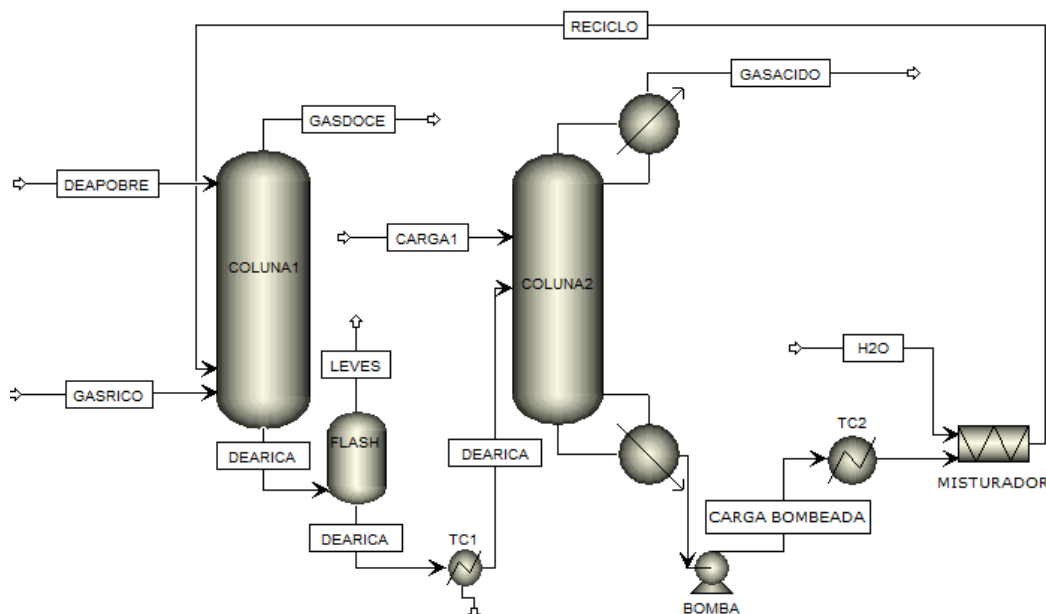


Figura 1 – Simulação completa do processo de dessulfurização.

A solução de dietanolamina (DEAPOBRE) é alimentada pelo topo da COLUNA1. Na parte inferior dessa coluna, a corrente de fundo conhecida como DEARICA (carregada dos compostos ácidos) segue para um vaso FLASH, onde os hidrocarbonetos leves serão eliminados. Posteriormente, a corrente é encaminhada para um trocador de calor (TC1); após passar por este equipamento, o produto aquecido segue em direção a torre de alimentação, para alimentar o regenerador (COLUNA2). No topo do regenerador tem-se a corrente de GASACIDO, que consiste nos gases ácidos e de água arrastada do processo. No fundo do regenerador, a corrente é bombeada (CARGA BOMBEADA) e resfriada para voltar ao absorvedor, sob a mesma temperatura e pressão do equipamento. Mas antes, a corrente é misturada (MISTURADOR) e ainda recebe parte da água que foi perdida no topo do regenerador. No final, a corrente volta para a coluna de absorção, caracterizando um processo em reciclo.

### 3.2. Composições e condições utilizadas nas simulações

A composição do gás natural está apresentada na Tabela 1. Essa composição foi obtida a partir do trabalho de Mendieta (2011).

Tabela 1 – Composição do gás natural

Componente	Gás Natural (Fração Molar)
H <sub>2</sub> O	0
CO <sub>2</sub>	0,0183
H <sub>2</sub> S	0,0254
DEA	0
CH <sub>4</sub>	0,3669
ETANO	0,1167
PROPANO	0,013
BUTANO	0,0008
PROPENOS	0,0566
BUTENOS	0,002
PENTANO	0,004
N <sub>2</sub>	0,0516
H <sub>2</sub>	0,2334
CO	0,0084
ARGÔNIO	0,0003

Fonte: MENDIETA (2011)

As condições operacionais utilizadas durante as simulações, em relação a especificação das correntes de gás rico e de amina pobre, estão disponíveis na Tabela 2.

Tabela 2 – Condições iniciais utilizadas para o gás rico e para a amina pobre no absorvedor

Condição Operacional	Corrente do Gás Natural	Corrente de Amina Pobre
Temperatura (°C)	22	27
Pressão (atm)	69	69
Vazão (kg/h)	25000	40000

É importante ressaltar que, a temperatura da corrente do gás natural, a pressão de ambas correntes e as vazões mássicas, tanto da corrente de gás natural (GAS RICO) como da corrente de amina pobre (DEAPOBRE), apresentadas na Tabela 2, foram mantidas constantes durante as simulações.

### 3.3. Variáveis analisadas nas simulações

As faixas dos parâmetros utilizados para a solução de amina (DEA), na entrada do absorvedor, foram obtidos a partir do trabalho de Coelho (2007), conforme mostra a Tabela 3, pois verifica-se que a solução de DEA apresenta os melhores resultados nestes intervalos, em termos de absorção de gás sulfídrico e de dióxido de carbono.

Tabela 3 – Parâmetros e valores usados para a solução aquosa de DEA

Parâmetros Avaliados	Faixa	Valores utilizados nas simulações
Temperatura (°C)	25-40	27, 32, 37 e 42
Concentração de DEA (%)	20-40	25, 30, 35 e 40
Concentração de H <sub>2</sub> O (%)	60-75	60, 65, 70 e 75

## 4. RESULTADOS

Os resultados obtidos durante as simulações, utilizando o modelo termodinâmico de equilíbrio WILSON, com as variações da temperatura de entrada na corrente de DEAPOBRE e da concentração de amina (DEA), em termos percentuais, estão disponíveis nas Tabelas 4 e 5 a seguir.

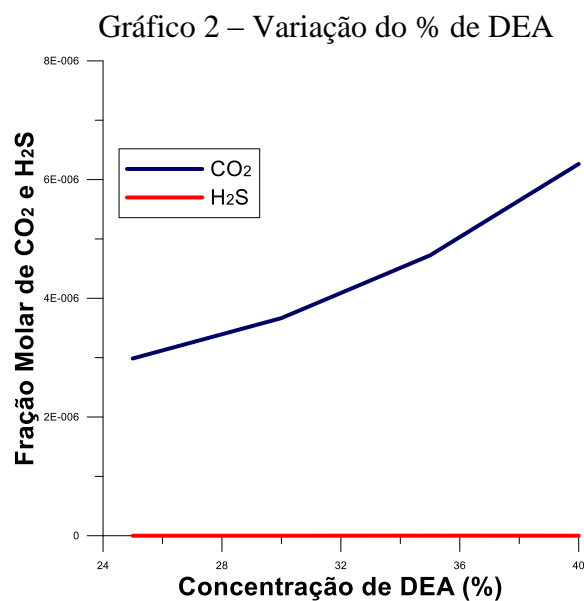
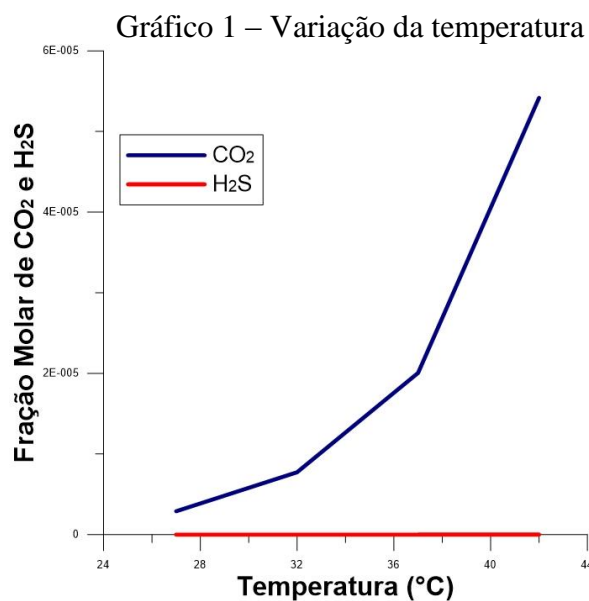
Tabela 4 – Variação da temperatura na corrente de amina pobre

Temperatura da corrente Amina Pobre (°C)	Vazão de CO <sub>2</sub> na corrente de Gás Doce (Kg/h)	Fração Molar de CO <sub>2</sub> (Gás Doce)	Vazão de H <sub>2</sub> S na corrente de Gás Doce (Kg/h)	Fração Molar de H <sub>2</sub> S (Gás Doce)
27	0,0979	$2,9858 \times 10^{-6}$	$1,3692 \times 10^{-6}$	$5,3904 \times 10^{-11}$
32	0,2577	$7,7383 \times 10^{-6}$	$4,0723 \times 10^{-6}$	$1,5786 \times 10^{-10}$
37	0,6779	$2,0053 \times 10^{-5}$	$1,9363 \times 10^{-5}$	$4,6902 \times 10^{-10}$
42	1,8517	$5,417 \times 10^{-5}$	$3,9852 \times 10^{-5}$	$1,5054 \times 10^{-9}$

Tabela 5 – Variação da concentração de DEA (%) na corrente de amina pobre

Concentração de DEA (%)	Vazão de CO <sub>2</sub> na corrente de Gás Doce (Kg/h)	Fração Molar de CO <sub>2</sub> (Gás Doce)	Vazão de H <sub>2</sub> S na corrente de Gás Doce (Kg/h)	Fração Molar de H <sub>2</sub> S (Gás Doce)
25	0,0979	$2,9858 \times 10^{-6}$	$1,3692 \times 10^{-6}$	$5,3904 \times 10^{-11}$
30	0,1213	$3,6664 \times 10^{-6}$	$1,7164 \times 10^{-6}$	$6,6982 \times 10^{-11}$
35	0,1578	$4,7235 \times 10^{-6}$	$2,2674 \times 10^{-6}$	$8,7597 \times 10^{-11}$
40	0,2115	$6,2632 \times 10^{-6}$	$3,0907 \times 10^{-6}$	$1,1815 \times 10^{-10}$

A partir desses resultados obtidos nas tabelas acima, plotaram-se os gráficos 1 e 2 mostrados a seguir.



Analisando os resultados das tabelas 4 e 5, percebe-se que a DEA é reativa tanto para o dióxido de carbono como para o gás sulfídrico, pois a solução conseguiu reagir com o gás

natural bruto, absorvendo e retirando esses gases tóxicos da corrente de GASRICO. Além disso, quando se alterou a temperatura e a concentração (%) de DEA, na corrente de DEAPOBRE, ocorreu um aumento nas frações molares de  $H_2S$  e  $CO_2$  na corrente de GASDOCE, porém, este aumento é maior com a variação da temperatura do que com a variação da concentração, mais precisamente, a partir de  $32^{\circ}C$  a influência da temperatura passa a ser mais acentuada, demonstrando que a cinética favorece uma maior retirada desses componentes na corrente de GASDOCE e piora a absorção de ambos os gases na corrente de DEARICA, porque aumenta a quantidade dos mesmos na saída do topo do absorvedor.

Mediante a análise dos gráficos, compreende-se que o processo não é muito influenciado por essas variações, visto que as alterações na fração molar e vazão mássica são mínimas, mesmo após as variações, ou seja, essas mudanças não são tão significativas de forma quantitativa. Entretanto, tanto o aumento da temperatura como o da concentração (%) implicam numa retirada mais acentuada do componente  $CO_2$  do que  $H_2S$ , na corrente de gás doce. Esse aumento, segundo Coelho (2007) pode ser explicado pelo não uso do conceito da eficiência para ambos componentes nas simulações, pois, na prática, deseja-se retirar mais  $H_2S$  do que  $CO_2$ .

Talavera (2002) argumenta que as quantidades de  $H_2S$  e  $CO_2$  devem diminuir, quando se aumenta o percentual da amina, mas analisando os gráficos obtidos, observa-se que as concentrações desses contaminantes se elevaram, uma explicação para isso poderia ser a utilização de concentrações menores de DEA, para obter um melhor resultado no absorvedor ou considerar a eficiência nas simulações ou, ainda, mudar o modelo termodinâmico avaliado. Mas, independentemente dessas variações, verificou-se que ocorreu uma absorção praticamente total dos gases contaminantes na corrente de DEARICA, em todas as situações avaliadas.

Desta forma, na simulação a amina usada foi capaz de absorver e retirar os gases ácidos da corrente do gás natural, calculando as frações molares com o auxílio do método de estágio em equilíbrio, mas talvez o modelo WILSON tenha superestimado as quantidades absorvidas, por isso as frações molares apresentadas na corrente de GASDOCE foram pequenas, da mesma forma, ele pode ter superestimado as variações de concentrações de DEA. Portanto, em outras futuras simulações, o modelo termodinâmico pode vir a ser modificado, com a intenção de se avaliar o comportamento do processamento primário de gás natural perante um novo modelo.

## 5. CONCLUSÃO

Com o uso do simulador de processos ASPEN PLUS® 2006, foi possível verificar e analisar a etapa de dessulfurização do gás natural, através do processo de absorção química, utilizando-se uma solução de dietanolamina. Parâmetros importantes, como concentração da amina e temperatura da corrente de amina pobre foram avaliados. Os resultados indicaram que a amina utilizada conseguiu absorver e eliminar os gases  $CO_2$  e  $H_2S$  da corrente do gás natural, obtendo-se assim, um gás com teores mínimos de contaminantes. É importante ressaltar que a escolha do modelo termodinâmico é fundamental, como foi possível de se verificar na variação do percentual de DEA. Portanto, o simulador ASPEN PLUS® 2006 é uma excelente ferramenta para tomada de decisões de projetos, assim como na otimização de uma unidade de tratamento de gás natural.



## 6. REFERÊNCIAS

- BLACKADDER, D.A; NEDDERMAN, R.M. *Manual de operações unitárias*. São Paulo: Editora Hemus, 2004.
- CARVALHO et al. *Estudo da tecnologia de separação do CO<sub>2</sub> de gases industriais por absorção com monoetanolamina-mea*. Campinas: Editora UNIFACS, 2007.
- COELHO, A. M. *Simulação e otimização dos processos de adoçamento e desidratação de gás natural e de refinaria*. 2007. 210 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – UNICAMP, Campinas, 2007.
- CORDEIRO, A. F. *Estudo de simulação e controle de uma unidade de processamento de gás natural*. 2011. 147 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos) – UFRJ, Rio de Janeiro, 2011.
- CRAIDY, P. da S. *Deterioração em unidade de tratamento com dietanolamina-mecanismo, consequências e métodos de controle*. 2009. 124 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Inspeção de Equipamentos) – UFRGS, Rio Grande do Sul, 2009.
- CREMASCO, M. A. *Fundamentos de Transferência de Massa*. Campinas: Editora UNICAMP, 2002.
- FAÇANHA, J.M. da F. *Tecnologias de recuperação de enxofre de correntes gasosas*. 2009. 58 f. Monografia (Graduação em Engenharia Química) – UFU, Uberlândia, 2009.
- FILHO, D. H. *Introdução ao processamento e tratamento de gás natural*. Manaus: Editora Brasil, 2005.
- MENDES, L. *Avaliação técnica e econômica de processo de produção de metanol e carbonatos orgânicos para sequestro de CO<sub>2</sub> de termoeletricas*. 2012. 155 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos) – UFRJ, Rio de Janeiro, 2012.
- MENDIETA, L. F. F. *Estudo da absorção de H<sub>2</sub>S e CO<sub>2</sub> do gás combustível*. 2012. 35 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química) – UFRGS, Rio Grande do Sul, 2011.
- MOREIRA, F. S. *Alternativas tecnológicas para a maximização da produção de olefinas leves a partir de petróleos pesados*. 2006. 126 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Química) – UFRJ/EQ, Rio de Janeiro, 2006.
- TALAVERA, R. M. R. *Caracterização de sistemas, simulação e otimização de etapas da planta de processamento de gás natural*. 2002. 172 f. Tese (Doutorado em Engenharia Química) – UNICAMP, São Paulo, 2002.
- THOMAS, J. E. *Fundamentos de engenharia de petróleo*. Rio de Janeiro: Editora Interciência, 2001.