

Avaliação da Operabilidade de uma Coluna Destilação Atmosférica Existente para Processamento de Novos Tipos de Petróleo

Aldir Pimentel¹, Flavio Waltz¹, Rafael Bertges¹, Daniel Lustosa¹

¹ CHEMTECH – Rua da Quitanda, 50, Centro, 20011-030, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

1 Sinopse

As condições de operação de uma coluna de destilação atmosférica dependem das propriedades do óleo processado e dos produtos gerados, como composição da carga e quantidade e qualidade das correntes de saída. Cada refinaria é otimizada para uma determinada seleção de crus e produtos. Assim, a utilização de uma nova seleção de crus requer uma avaliação criteriosa buscando descobrir em que novas condições operacionais, se elas existirem, o sistema atual deverá operar para manter maximizadas a quantidade e qualidade dos produtos desejáveis.

Neste contexto, o presente trabalho tem o objetivo de avaliar a operabilidade de uma coluna de destilação atmosférica, com 30 estágios e duas retiradas laterais, que passe a trabalhar com uma segunda seleção de cru, maximizando a produção de destilado, diesel e aguarrás. Utilizou-se para tanto o software de simulação de processos ChemCAD, da empresa Chemstation, em sua versão 6.1.

2 Introdução

A destilação inicial do petróleo é talvez a mais importante operação de uma refinaria, pois separa a carga em frações de corte que são posteriormente tratadas ou mesmo diretamente liberadas para distribuição. As colunas de destilação são equipamentos complexos responsáveis por esta separação. Elas exigem condições de operação bem definidas para se obter correntes de produtos com as propriedades esperadas por meios teóricos. Neste contexto, são imprescindíveis avaliações quantitativas sobre os aspectos inerentes ao seu funcionamento, como faixas operacionais, características físicas, dentre outros, além de sua carga (óleo cru) processada.

As condições de operação de uma coluna de destilação dependem intimamente das propriedades da carga processada e dos produtos pretendidos, tanto no que tange aos seus aspectos qualitativos (propriedades desejadas) como quantitativos (vazão máxima obtida). Cada refinaria é usualmente otimizada para uma determinada seleção de óleos e produtos. Assim, no caso de uma determinada unidade optar por alterar sua seleção de crus, torna-se extremamente necessária uma avaliação prévia do comportamento do sistema para esta nova seleção, inclusive para avaliação dos novos parâmetros operacionais.

Neste contexto, o emprego de simulações de processo se faz adequado, pois possibilita esta avaliação com uma necessidade reduzida de dados empíricos, evitando perdas financeiras pela redução do tempo de sintonia do processo às novas condições operacionais além de evitar o gasto com experimentos em escala reduzida.

Assim, o presente trabalho tem o objetivo de avaliar a operabilidade de uma coluna de destilação atmosférica, com 30 estágios e duas retiradas laterais, que passe a trabalhar com duas novas seleções de cru, maximizando a produção de nafta, diesel e aguarrás. Utilizou-se para tanto o software de simulação de processos ChemCAD, da empresa Chemstation, em sua versão 6.1.

3 Desenvolvimento

O desenvolvimento do trabalho se deu em três principais etapas; modelagem e validação das cargas de petróleo, modelagem da unidade de destilação, avaliação dos parâmetros operacionais. A seguir estas etapas são descritas em mais detalhes.

3.1 Modelagem das Cargas de Petróleo

A validade dos resultados obtidos pela simulação de um sistema de destilação depende da qualidade da modelagem da carga utilizada. Considerando-se que o petróleo é uma mistura de

hidrocarbonetos, sua modelagem a partir da composição exata é praticamente inviável. Assim, modelagens alternativas devem ser utilizadas para simular suas propriedades e, além disto, sua capacidade de ser dividido em frações ou cortes. Neste contexto, a utilização de curvas de destilação para geração de pseudocomponentes é uma alternativa evidente, pois atende a ambas as necessidades de maneira satisfatória.

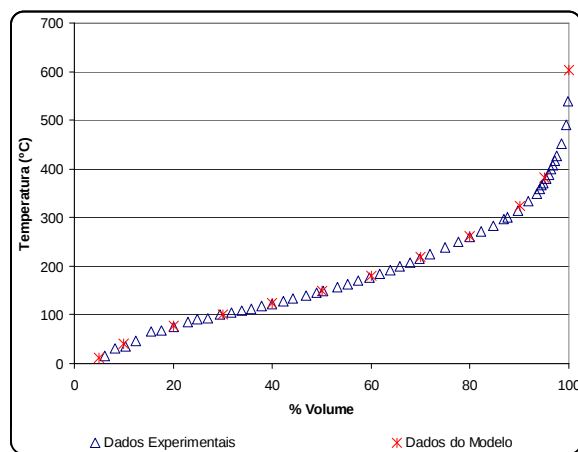
Cada petróleo tem uma curva de destilação típica. Nestas curvas se identifica o percentual extraído de uma carga até uma dada temperatura, possibilitando a identificação de “cortes” de produto entre faixas de temperatura específicas. Existem alguns tipos de curvas de destilação, diferenciadas pelo método utilizado para sua obtenção. Dois destes métodos mais conhecidos são o de Ponto de Ebulição Verdadeiro (Curvas PEV, ou *TBP Curve*, em inglês) e o ASTM D-86. Neste primeiro método, a temperatura medida corresponde ao equilíbrio líquido-vapor, no momento da condensação. Assim, de posse destes dados e de métodos matemáticos específicos, pode-se obter uma corrente de propriedades idênticas ao do petróleo estudado, formado por diversos pseudocomponentes caracterizados por seus pontos de ebulição normal, viabilizando sua divisão em cortes que modelam os cortes de uma coluna real. No presente trabalho, modelou-se dois petróleos distintos, aqui denominados “Petróleo A” e “Petróleo B”, a partir de suas curvas PEV a 1atm de pressão e propriedades exibidas na Tabela 1.

Tabela 1: Características dos Petróleos Analisados

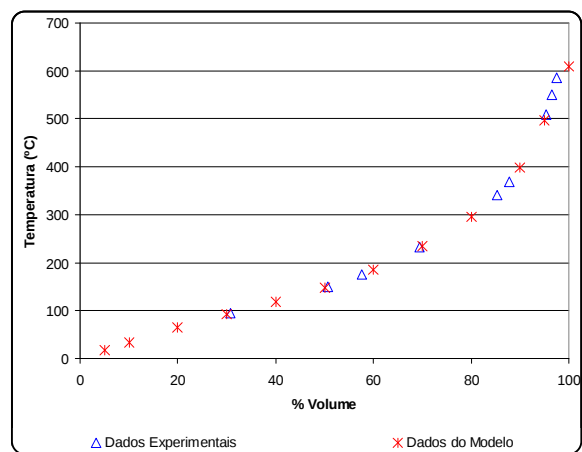
Petróleo A		Petróleo B	
°API	50,9	°API	55,4
Leves	% mássico	Leves	% mássico
Metano	<0,01	Metano	-
Etano	0,06	Etano	0,01
Propano	0,77	Propano	0,39
i-Butano	0,68	i-Butano	0,45
n-Butano	1,93	n-Butano	2,11
i-Pentano	2,51	i-Pentano	3,76
n-Pentano	2,30	n-Pentano	4,57
Ciclopentano	0,37	Ciclopentano	-
2,2-dimetil-propano	0,02	2,2-dimetil-propano	-
n-Hexano	5,60	n-Hexano	-

Para obtenção da massa molar equivalente de cada corrente modelada a partir dos petróleos estudados, utilizou-se o método *Chemstation*, presente na versão 6.1 do simulador de processos ChemCAD. Suas propriedades críticas foram obtidas através do método de Lee Kesler.

A Figura 1 exibe uma comparação das curvas de destilação PEV experimentais e geradas pelos pseudocomponentes utilizados para modelagem dos petróleos.



(a) Petróleo A – API Simulado: 51,15



(b) Petróleo B – API Simulado: 55,38

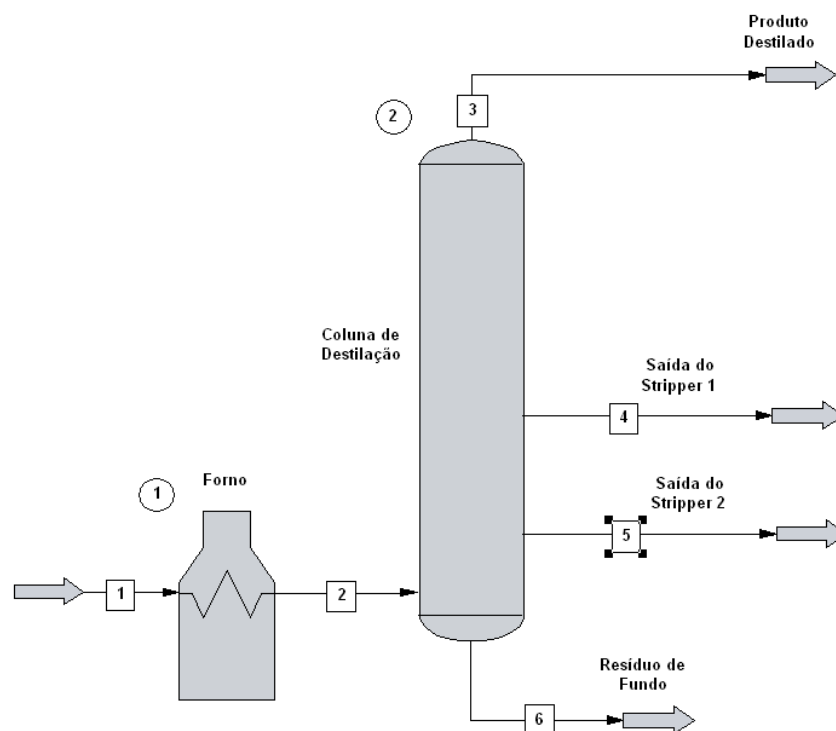
Figura 1 – Comparação das curvas de destilação obtidas experimentalmente e por pseudocomponentes

A figura anterior exibe que um comportamento semelhante de ambos os crus quando sujeitos ao mesmo teste. Além disto, pelas informações contidas nesta figura, conclui-se que a modelagem utilizada para os petróleos estudados pode ser considerada satisfatória. Apesar de a temperatura final de ebulição de o modelo teórico ser superior ao experimental, a temperatura do fundo da coluna de cerca de 600 K garante que tanto no caso real quanto no modelado esta fração esteja presente no fundo da coluna de destilação.

3.2 Modelagem da Unidade de Destilação

Após a modelagem das cargas de petróleo a serem simuladas, o passo seguinte é a modelagem da unidade de destilação, que engloba a elaboração de sua topologia, a definição do modelo termodinâmico apropriado, as condições operacionais de cada equipamento envolvido além do método matemático apropriado para sua solução.

A topologia da unidade estudada no presente trabalho é apresentada na Figura 2.

**Figura 2 – Topologia da unidade de destilação atmosférica**

Nesta figura, pode-se observar o forno de aquecimento da carga e a coluna de destilação atmosférica, além das correntes de produtos principais e secundários. O condensador e o vaso de condensado, estão presentes, mas como dispositivos internos da operação destilação no ChemCAD. O forno tem o objetivo de aquecer a carga até a temperatura ideal, enquanto que a coluna é a responsável pela separação de sua corrente de entrada nos diversos produtos ou cortes. Esta coluna funciona com injeção de vapor em seu fundo e dois *strippers* laterais, que por sua vez também têm vapor injetado no fundo e libera seu produto para as correntes de produtos laterais da torre. A coluna funciona com o auxílio do condensador, que reduz a temperatura de sua corrente de topo até um valor que permita a separação, no vaso de condensado, da água gerada e dos produtos leves e não-condensáveis. Parte deste produto de topo retorna à coluna, caracterizando a razão de refluxo. Para solução do sistema, utilizou-se o modelo termodinâmico de Grayson-Streed. O algoritmo utilizado para solução das equações de balanço de massa, energia e equilíbrio (equações MESH) da coluna de destilação foi o *Inside-out*.

3.3 Avaliação dos Parâmetros Operacionais

Para a coluna simulada neste estudo, o “Petróleo A” é o cru de projeto, ou seja, inicialmente a coluna foi otimizada para operação com uma seleção com suas propriedades. A Tabela 2 exibe as características impostas à simulação, para determinação dos produtos nas condições normais de operação.

Tabela 2: Condições de operação normal

Corrente de Alimentação	
Temperatura:	318.15 K
Pressão:	911925 Pa
Vazão:	362,0 kmol/h
Forno	
Temperatura de Saída:	623.15 K
Coluna de Destilação	
No de Estágios:	30
Estágio de Alimentação	28
Pressão do Topo:	111457 Pa
Vazão de vapor	100 kmol/h
Temperatura do Vapor	623.15 K
Pressão do Vapor	245166 Pa
Condensador	
Temperatura de Saída:	338.15 K
Stripper 1	
No de Estágios:	4
Retirada do Estágio:	7
Retorno ao Estágio:	6
Vazão de vapor	20 kmol/h
Temperatura do Vapor	623.15 K
Pressão do Vapor	245166 Pa
Esp. Produto:	90% @ 463.15 K
Stripper 2	
No de Estágios:	4
Retirada do Estágio:	21
Retorno ao Estágio:	20
Vazão de vapor	20 kmol/h
Temperatura do Vapor	623.15 K

Tabela 2: Condições de operação normal

Pressão do Vapor	245166 Pa
Esp. Produto:	90% @ 593.15 K
Pumparound	
Retirada do Estágio:	21
Retorno ao Estágio:	19
Temperatura:	403.15 K
Vazão:	12400 kg/h

Na situação exibida anteriormente, obtém-se o seguinte perfil de vazões de produtos, conforme exibido na Tabela 3.

Tabela 3: Vazões de produtos para “Petróleo B”

Corrente de Alimentação	
Destilado:	97,1 kmol/h
Aguarrás:	216,5 kmol/h
Diesel	50,5 kmol/h
Resíduo	8,9 kmol/h

A caracterização dos produtos foi realizada de forma semelhante à da carga, em acordo com as especificações das agências reguladoras aplicáveis.

Para uma situação hipotética de operação com o “Petróleo B”, simularam-se as mesmas condições operacionais para se avaliar o perfil de rendimento obtido. O resultado é exibido na Tabela 4.

Tabela 4: Vazões de produtos para “Petróleo A”

Corrente de Alimentação	
Destilado:	135,5 kmol/h
Aguarrás:	177,7 kmol/h
Diesel	44,6 kmol/h
Resíduo	18,0 kmol/h

Pela comparação dos resultados para os petróleos A e B, nota-se que o segundo, apesar de produzir uma quantidade de resíduo de fundo superior ao primeiro, também produz mais destilado. Entretanto, para o caso dos produtos intermediários, sua produção é esperadamente inferior. Em termos percentuais, as vazões de topo e fundo aumentaram cerca de 40% e 100%, respectivamente, em unidade molar, enquanto que os produtos intermediários apresentaram uma redução de aproximadamente 15%. Ou seja, a modificação da carga do Petróleo A para o Petróleo B, mesmo apresentando propriedades semelhantes, provocou alterações passíveis de comprometer a adequação da unidade para o processamento da mesma vazão. Além disto, dada as diferenças nas vazões de produto obtidas, a estratégia de venda dos mesmos pode ser alterada, pois pode haver uma alteração considerável do inventário da refinaria.

Assim, apenas a partir de uma modelagem computacional, tem-se idéia do novo perfil de produtos e dos parâmetros operacionais passíveis de serem modificados para obtenção de um novo estado de operação ideal. Isto permite avaliar os equipamentos de tratamento e movimentação de fluido posteriores, como bombas, vasos e tubulações, para, por exemplo, assegurar que as quantidades geradas são condizentes com suas quantidades projetadas.

4 Conclusões

O presente trabalho mostrou que a partir de uma abordagem simples, com base em simulações de processo, pode-se prever e alterar novas condições operacionais de processamento para cargas antes não previstas para uma dada unidade de refino. Para o exemplo apresentado, notou-se que a

alteração da carga processada para outra carga semelhante, é capaz de alterar significativamente as condições operacionais do sistema de destilação.

5 Bibliografia

Alexandre Salem Szklo – Fundamentos do refino de petróleo, 1ª ed.

J. D. Seader, E. J. Henley – Separation Process Principles, 2ª ed.