

12º CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM PETRÓLEO E GÁS



TÍTULO DO TRABALHO:

AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DO SISTEMA DE CONTROLE NA OBTENÇÃO DE FRAÇÕES DE PETRÓLEO POR USO DE SISTEMA PRÓPRIO DE DESTILAÇÃO LABORATORIAL

AUTORES:

Marcelo Oliveira Queiroz de Almeida¹
Vinnicyus Fornazza Costa¹
Gabriel Pereira de Macedo²
Maria José de Oliveira Cavalcanti Guimarães³
Erika Christina Ashton Nunes Chrisman¹

INSTITUIÇÃO:

¹Laboratório DOPOLAB/EQ-UFRJ
²Mac Laren Oil Estaleiros
³EPQB-DPO/EQ-UFRJ

AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DO SISTEMA DE CONTROLE NA OBTENÇÃO DE FRAÇÕES DE PETRÓLEO POR USO DE SISTEMA PRÓPRIO DE DESTILAÇÃO LABORATORIAL

Resumo

Na indústria petrolífera, as refinarias são responsáveis pelo fracionamento inicial do óleo bruto, separando-o em frações com um valor comercial mais elevado, dentro das unidades de destilação. Para o estabelecimento das condições de operação e controle dos processos nas refinarias é fundamental o conhecimento sobre a composição deste petróleo. Para tal, é necessária a construção da curva de ponto de ebulição verdadeiro (PEV), conforme especificações normativas da ASTM D2892-23 e da ASTM D5236-23, em unidades de destilação laboratoriais. Esta análise de curva de destilação é uma ferramenta importante para a tomada de decisões e controle dos órgãos fiscalizadores. As unidades comerciais disponíveis para a construção destas curvas apresentam elevados custos de aquisição e uma assistência técnica lenta e onerosa. Bem como, uma falta de flexibilidade operacional, necessária para uso em pesquisas e desenvolvimentos de processos. Assim, este trabalho tem como objetivo avaliar a eficiência de um sistema de controle próprio, desenvolvido no DOPOLAB, para a destilação de petróleos, relacionado à sua repetibilidade na obtenção de cortes até 300 °C, com o mínimo de interferência do operador. Para isso, foram criadas duas programações distintas, uma executada à pressão atmosférica e outra à pressão de 75 mmHg e utilizadas 4 amostras de petróleo diferentes para a construção das curvas de destilação. As curvas foram avaliadas quanto à sua precisão, com base na repetição das análises. Os resultados de repetibilidade das análises foram positivos para todos os petróleos estudados. Na avaliação dos cortes, o tipo de petróleo teve grande influência na eficiência de separação para os cortes de menor temperatura, assumindo a mesma coluna para todos os casos com 14 pratos teóricos.

Palavras-Chave: Curva de Destilação, Refino, PEV, ASTM D2892 e Destilação de Petróleo.

Abstract

In the oil industry, refineries are responsible for the initial fractionation of crude oil, separating it into fractions with a higher commercial value within distillation units. To establish operating conditions and process control in refineries, knowledge about the composition of this oil is essential. To do so, it is necessary to construct the true boiling point (TBP) curve, in accordance with the normative specifications of ASTM D2892-23 and ASTM D5236-23, in laboratory distillation units. This distillation curve analysis is an important tool for decision-making and control by supervisory bodies. The commercial units available for the construction of these curves have high acquisition costs and slow and expensive technical assistance, as well as a lack of operational flexibility necessary for use in research and process development. Thus, this work aims to evaluate the efficiency of a proprietary control system, developed at DOPOLAB, for petroleum distillation, related to repeatability in obtaining cuts up to 300 °C, with minimal operator interference. To achieve this, two different schedules were created, one performed at atmospheric pressure and the other at a pressure of 75 mmHg, and 4 different oil samples were used to construct the distillation curves. The curves were evaluated for their accuracy, based on repeat analyses. The repeatability results of the analyses were positive for all the oils studied. In the evaluation of the cuts, the type of oil had a great influence on the separation efficiency for the lower temperature cuts, assuming the same column for all cases with 14 theoretical stages.

Keywords: Distillation, Refining, PEV, ASTM D2892 and Petroleum Distillation Curve.

Introdução

Na indústria do petróleo, as unidades de destilação das refinarias desempenham a função de fracionar o óleo bruto, transformando-o em frações que possuem maior valor comercial (CALDAS, 2003; FARAH, 2007). Na determinação das concentrações dessas frações, realizam-se testes laboratoriais chamados de curva de ponto de ebulição verdadeiro (Curva PEV), utilizando colunas de destilação específicas, conforme as especificações da ASTM D2892-23, para separação de frações até o ponto de ebulição de 400 °C, e da ASTM D5236-23, para separação de frações de 400 a 565 °C (HENLEY, 2011).

A análise de curva de destilação é uma ferramenta importante para tomada de decisões referentes ao controle dos processos das refinarias e sobre a qualidade do petróleo produzido. Devido sua importância e o controle dos órgãos fiscalizadores, ela deve ser executada anualmente ou sempre que houver diferenças significativas de °API, conforme recomendação da Resolução 874 da ANP de 18/04/2022. Porém, profissionais da indústria de O&G ainda relatam que existem problemas técnicos e operacionais na sua obtenção, relacionados com as unidades comerciais que precisam de uma certa atenção e correção, como por exemplo, os elevados custos de aquisição, a assistência técnica lenta e custosa, a falta de flexibilidade operacional e a dificuldade de especificação de suas partes.

Essas dificuldades tornam ainda mais complicada a busca por opções mais acessíveis de peças disponíveis no mercado, seja a nível nacional ou internacional. Assim, para auxiliar na solução de parte destes problemas relatados, esta pesquisa tem como objetivo a execução de destilações, em um sistema de unidade de destilação em batelada, desenvolvido no DOPOLAB, para avaliação da eficiência do sistema de controle, na repetibilidade de obtenção de cortes até 300 °C, com o mínimo de interferência do operador.

Metodologia

A metodologia deste trabalho envolveu inicialmente o estudo e entendimento aprofundado da norma ASTM D2892-23, e a criação de duas programações distintas na Unidade de Destilação em Batelada Laboratorial do DOPOLAB, uma executada a pressão atmosférica, aonde a temperatura de corte e a temperatura convertida se mantem as mesmas, e outra com um vácuo de 75 mmHg, aonde a temperatura de corte atua de forma reduzida por conta da pressão, conforme condições apresentadas na Tabela 1 para obtenção dos diferentes cortes.

Tabela 1 - Definição das condições de realização dos cortes.

Etapas	Pressão (mmHg)	Temperatura Experimental (°C)	Temperatura Convertida (°C)	Refluxo
1ª (ATMOSFÉRICA)	760	60,0	60,0	05:01
	760	75,0	75,0	05:01
	760	90,0	90,0	05:01
	760	100,0	100,0	05:01
	760	125,0	125,0	05:01
	760	150,0	150,0	05:01
	75	101,3	175,0	05:01
2ª (A VÁCUO)	75	123,2	200,0	05:01
	75	145,3	225,0	05:01
	75	167,6	250,0	05:01
	75	189,9	275,0	05:01
	75	212,4	300,0	05:01

Para este estudo foram utilizadas 4 amostras de petróleo diferentes, apresentadas na Tabela 2, para a construção das curvas de destilação, que foram avaliadas quanto a sua precisão, com base na repetição das análises em duplicata. A coluna utilizada nesta unidade de destilação apresenta diâmetro interno de 25 mm, recheio PROPAK® e 14 pratos teóricos.

Tabela 2 - Informações dos petróleos destilados.

Referência	Densidade à 20°C (g/cm³)	°API	Teor de Água (% m/m)
Petróleo A	0,8307	38,0	< 1
Petróleo B	0,8370	36,8	< 1
Petróleo C	0,8991	25,2	< 1
Petróleo D	0,8804	28,5	< 1

OBSERVAÇÃO: Essa caracterização básica inicial é fundamental para um melhor conhecimento do petróleo a ser destilado e para garantir a segurança da operação e do operador, pois caso a amostra apresente presença de água em teores superiores a 1 %, a mesma não deverá ser destilada diretamente, sendo necessária a execução de desidratação.

Resultados e Discussão

As destilações foram conduzidas em duplicata, na pressão atmosférica e de 75 mmHg, seguindo as programações criadas na Unidade de Destilação em Batelada Laboratorial do DOPOLAB, tentando promover o mínimo de interferências não programadas por parte do operador.

A avaliação das curvas de destilação, em porcentagem mássica, provenientes da destilação em duplicata dos Petróleo A e B, são apresentados nos exemplos a) e b) da Figura 1.

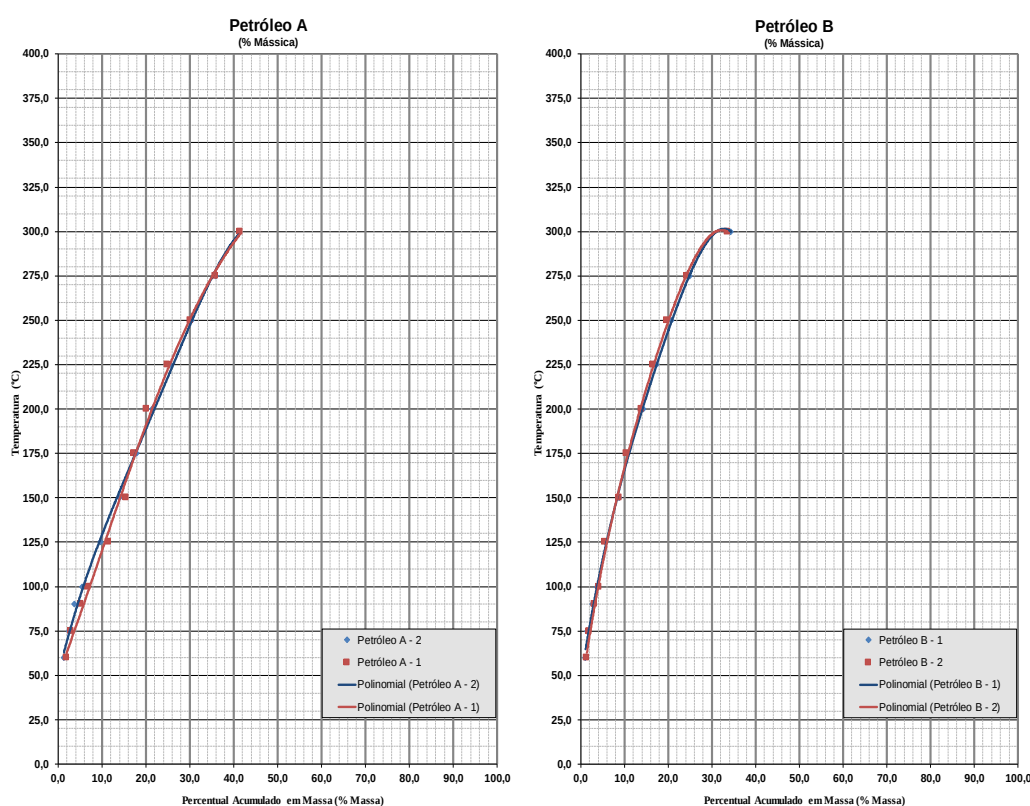


Figura 1 – Duplicata das curvas de destilação em % mássica acumulada: a) Petróleo A e b) Petróleo B.

As Curvas dos Petróleos A e B apresentaram desvios relativamente baixos, em relação a repetibilidade, conforme são apresentados os exemplos a) e b) da Tabela 3, com base na comparação entre seus resultados de percentual mássico acumulado, apresentando desvios inferiores a $\pm 2,0$. As destilações efetuadas no Petróleo A apresentaram valores um pouco superiores de desvio, quando comparados com o Petróleo B, e uma maior dificuldade no controle do equilíbrio da coluna, principalmente devido ao uso de taxas de aquecimento iguais, impostas em cada programação, para todos os petróleos. Como o Petróleo A apresenta a maior composição de leves, essa taxa de aquecimento fixa acabou diminuindo a eficiência de separação, o que explica as diferenças observadas em alguns pontos de corte, principalmente relacionada aos cortes próximos da troca de programação, passando da destilação atmosférica para o vácuo.

Tabela 3 - Avaliação dos desvios das duplicatas: a) Petróleo A e b) Petróleo B.

PETRÓLEO A				PETRÓLEO B			
TEMP. (°C)	Petróleo A - 1	Petróleo A - 2	DESVIO	Temp. (°C)	Petróleo B - 1	Petróleo B - 2	DESVIO
60,0	1,9	1,3	0,4	60,0	1,1	1,4	0,2
75,0	3,0	2,5	0,4	75,0	1,5	2,0	0,4
90,0	5,2	3,7	1,1	90,0	2,7	3,2	0,4
100,0	6,9	5,6	0,9	100,0	3,8	4,2	0,3
125,0	11,5	9,7	1,3	125,0	5,7	5,6	0,1
150,0	15,6	14,1	1,1	150,0	8,9	8,8	0,1
175,0	17,3	17,9	0,4	175,0	10,6	10,5	0,1
200,0	20,2	21,5	0,9	200,0	14,3	13,9	0,3
225,0	25,0	25,6	0,4	225,0	17,3	16,6	0,5
250,0	30,2	30,5	0,2	250,0	20,7	19,7	0,7
275,0	35,8	36,0	0,1	275,0	25,0	24,4	0,4
300,0	41,5	41,2	0,2	300,0	34,4	33,6	0,6

A avaliação das curvas de destilação, em porcentagem mássica, provenientes da destilação em duplicata dos Petróleo C e D, são apresentados nos exemplos a) e b) da Figura 2.

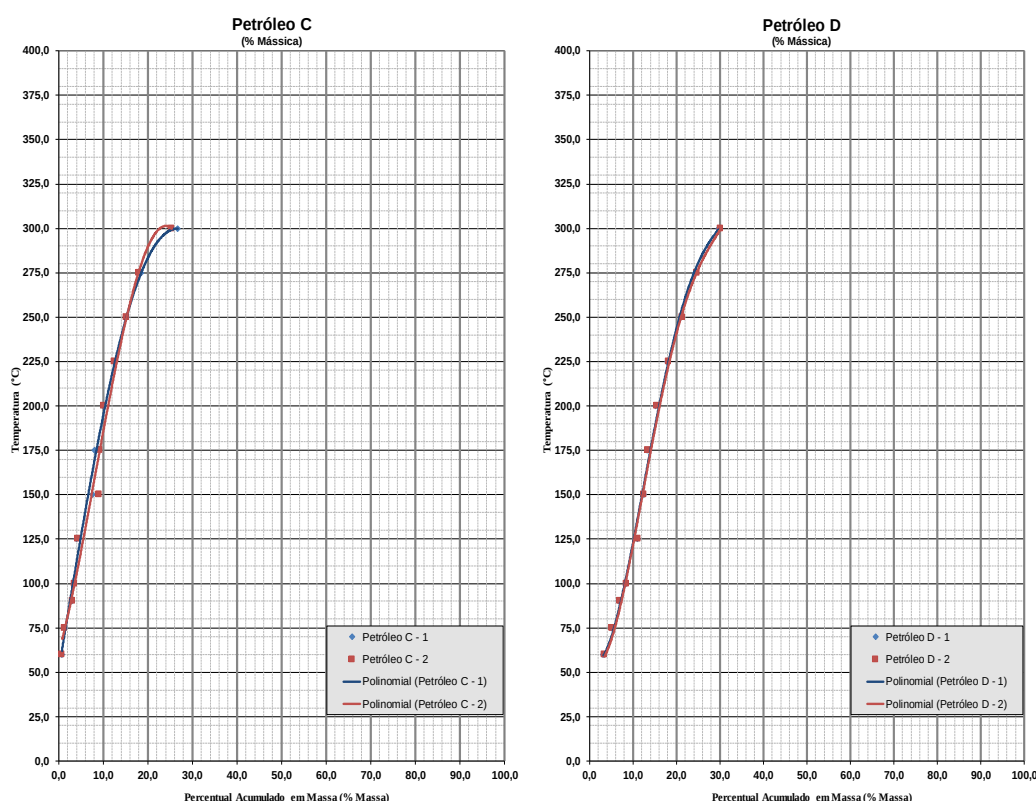


Figura 2 – Duplicata das curvas de destilação em % mássica acumulada: a) Petróleo C e b) Petróleo D.

Na avaliação das Curvas dos Petróleos C e D, os mesmos também demonstraram apresentar desvios consideravelmente baixos, em relação a repetibilidade, e até mesmo com valores em média menores quando comparados aos petróleos A e B, conforme são apresentados os exemplos a) e b) da Tabela 4.

Tabela 4 - Avaliação dos desvios das duplicatas: a) Petróleo C e b) Petróleo D.

PETRÓLEO C				PETRÓLEO D			
TEMP. (°C)	Petróleo C – 1	Petróleo C – 2	DESVIO	Temp. (°C)	Petróleo D – 1	Petróleo D – 2	DESVIO
60,0	0,7	0,8	0,1	60,0	3,2	3,4	0,1
75,0	1,3	1,4	0,1	75,0	5,1	5,3	0,1
90,0	3,0	3,1	0,1	90,0	6,8	7,0	0,1
100,0	3,4	3,6	0,1	100,0	8,4	8,6	0,1
125,0	4,0	4,4	0,3	125,0	11,1	11,2	0,1
150,0	7,6	9,1	1,1	150,0	12,6	12,6	0,0
175,0	8,1	9,3	0,8	175,0	13,3	13,4	0,1
200,0	10,0	10,1	0,1	200,0	15,3	15,5	0,1
225,0	12,6	12,5	0,1	225,0	18,0	18,3	0,2
250,0	15,3	15,3	0,0	250,0	21,0	21,4	0,3
275,0	18,5	18,1	0,3	275,0	24,3	24,8	0,4
300,0	26,7	25,4	0,9	300,0	29,7	30,1	0,3

Para o caso do Petróleo C em específico, apesar da similaridade entre as curvas, pode-se observar que o corte de 150 °C ficou fora da distribuição dos pontos pela linha de tendência e com um maior desvio, novamente nos cortes próximos da troca de programação, passando da destilação atmosférica para o vácuo. O Petróleo D foi o que se mostrou com melhor repetibilidade até 300 °C, demonstrando que foi mantida a estabilidade da coluna com as programações estabelecidas com as taxas de aquecimento utilizadas. Mais testes devem ser conduzidos para permitir uma padronização das programações. Para isso, o número de amostras de petróleo deve ser aumentado e certas características dos petróleos, como a composição de leves, devem ser consideradas para que o sistema de controle não tenha influência significativa na eficiência de separação utilizando as programações estabelecidas.

Conclusões

Pode-se confirmar a adequada aplicação das programações na Unidade de Destilação em Batelada Laboratorial do DOPOLAB (Pressão Atmosférica e de 75 mmHg), seguindo a norma ASTM D2892-23, para os 4 petróleos comerciais diferentes testados, com obtenção das curvas de destilação até a temperatura de 300 °C e avaliação de repetibilidade.

Os testes de comparação das curvas de fracionamento dos petróleos, atenderam as especificações estabelecidas na norma ASTM D2892-23, com desvios aceitáveis e inferiores a 2,0 %. Além disso, também foi possível observar, que para os cortes de menor temperatura, o tipo de petróleo tem grande influência na eficiência de separação, assumindo a mesma coluna de 14 pratos teóricos para todos os casos.

Com relação às variáveis de controle foi possível observar que, com as informações geradas até o momento, para as amostras com maior quantidade de leves, a dependência e a experiência do operador acabam por se tornar inevitáveis, devido aos riscos de projeção da amostra, melhora do controle da vazão de vapor e do gotejamento do destilado. Nestes casos, torna-se necessário que o valor inicial de potência da manta e os *inputs* de dados ao longo da destilação iniciem em menor porcentagem para que seja aumentada gradativamente, de forma a auxiliar na manutenção do equilíbrio da coluna e melhorar a eficiência de separação.

Agradecimentos

Agradecemos ao CENPES-PETROBRAS pelos incentivos financeiros do projeto de P&D dedicado a construção da Unidade de Destilação, possibilitando a condução de diversas pesquisas na área de refino.

Referências Bibliográficas

ASTM METHOD D2892-23. Standard Test Method for Distillation of Crude Petroleum; (15-Theoretical Plate Column), West Conshohocken, PA, USA: American Society for Testing and Materials, 2023.

ASTM METHOD D5236-23 Standard Test Method for Distillation of Heavy Hydrocarbon Mixtures (Vacuum Potstill Method), West Conshohocken, PA, USA: American Society for Testing and Materials, 2023.

CALDAS, J. N.; LACERDA, A. I; VELOSO, E; PASCHOAL, L. C. M. Internos de Torres: Pratos e Recheios. Rio de Janeiro: Ed UERJ, 2003.

FARAH, M. A. Caracterização do Petróleo e Seus Produtos. Rio de Janeiro. Petrobras, 2007^a.

HENLEY, E.; SEADER, J.; ROPER, D. Separation Process Principles, 2011.

Brasil. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP). Resolução ANP nº 874, de 18 de abril de 2022. Diário Oficial da União, 19 abr. 2022.