



PROJETO E CONSTRUÇÃO DE UM SEPARADOR HORIZONTAL ÁGUA/ÓLEO DE BANCADA

DESIGN AND CONSTRUCTION OF A HORIZONTAL BENCH WATER/OIL SEPARATOR

Maria Luiza Magalhães Viana de Almeida¹, Jhonny Huertas²

DOI: 10.37702/REE2236-0158.v45p33-49.2026

RESUMO: O processamento primário de petróleo tem como objetivo separar, tratar e dispor de cada uma das fases obtidas a partir da produção de um reservatório de petróleo. A etapa de separação é realizada em equipamentos denominados separadores. Este trabalho teve como objetivo projetar e construir um separador horizontal água/óleo como bancada didática. Foram delineadas as seguintes etapas do projeto: definir as equações de projeto; modelar o processo de cálculo no Microsoft Excel; construir o separador água/óleo; e testá-lo nas condições de projeto. Por fim, foi possível confirmar que o separador projetado e construído possibilitou a observação do processo de separação água/óleo, apresentando resultados compatíveis com a literatura, como a formação de uma emulsão na região de entrada e uma separação de fases bem-sucedida, o que permitiu concluir que os objetivos do trabalho foram alcançados.

PALAVRAS-CHAVE: bancada didática; separador horizontal água/óleo; processamento primário de petróleo.

ABSTRACT: Primary petroleum processing involves separating, treating, and disposing of each phase obtained from the production of an oil reservoir. The separation stage is performed using equipment called separators. This work aimed to design and build a horizontal water/oil separator as a teaching bench. The project steps were defining the design equations, modeling the calculation process using Microsoft Excel, building the water/oil separator, and testing it under design conditions. Finally, it was possible to confirm that the designed and built separator enabled observation of the water/oil separation process, presenting results consistent with the literature, such as the formation of an emulsion in the inlet region, in addition to successful phase separation. This allows us to conclude that the study objectives were achieved.

KEYWORDS: didactic bench; horizontal water/oil separator; primary petroleum processing.

¹ Engenheira Mecânica pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro, mva.marialuiza@gmail.com

² Professor Associado do Departamento de Engenharia Mecânica e Energia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, campus Nova Friburgo, jhonnyhf@iprj.uerj.br



INTRODUÇÃO

Nos cursos de Engenharia, a bancada didática oferece um ambiente de aprendizado prático, em que os estudantes podem experimentar e aplicar o conhecimento teórico adquirido em sala de aula. Bancadas didáticas, assim, permitem o desenvolvimento de habilidades práticas essenciais para o futuro engenheiro, complementando a formação teórica (Petry *et al.*, 2017). O desenvolvimento de bancadas de baixo custo torna a infraestrutura laboratorial acessível, sem comprometer a qualidade do ensino.

As bancadas didáticas podem ser usadas em diversas disciplinas na área do petróleo. Sabe-se que a produção de um campo de petróleo está geralmente associada à obtenção de água, óleo e gás. Essas correntes chegam à superfície na forma de uma mistura multifásica, que precisa ser submetida a um processamento primário com intuito de separar, tratar e dispor cada uma das fases, com foco na obtenção de óleo para refinarias, gás para as Unidades de Processamento de Gás Natural (UPGNs) e água para descarte ou reuso (Brasil, Araújo e Sousa, 2012; Thomas, 2001).

A etapa de separação, no processamento primário do petróleo, é desempenhada em equipamentos conhecidos como vasos separadores. Esses equipamentos são geralmente as unidades iniciais de processamento em qualquer facilidade de produção e são responsáveis por separar mecanicamente a mistura multifásica em líquido e gás ou em água, óleo e gás, a depender do tipo de separador. Logo, fica evidente que o funcionamento inadequado do separador tem reflexos em toda uma facilidade de produção (Arnold e Stewart, 2008).

Academicamente, muitos são os trabalhos voltados à simulação (Martins, 2017), ou ao dimensionamento de vasos separadores (Anjos, 2015). No entanto, poucos trabalhos se preocupam em desenvolver protótipos ou modelos de separadores em escala reduzida (Souza *et al.*, 2016), a nível de laboratório, que apliquem o princípio hidrodinâmico e de equilíbrio de fases, permitindo demonstrar e avaliar o processo de separação realizado nesses equipamentos.

O presente trabalho tem como objetivo principal projetar e construir uma bancada didática de um separador horizontal água/óleo que permita demonstrar o processo de separação água/óleo realizado no processamento primário de petróleo, usando um fluxo líquido bifásico obtido pela mistura de duas correntes: uma de água e outra de óleo vegetal.

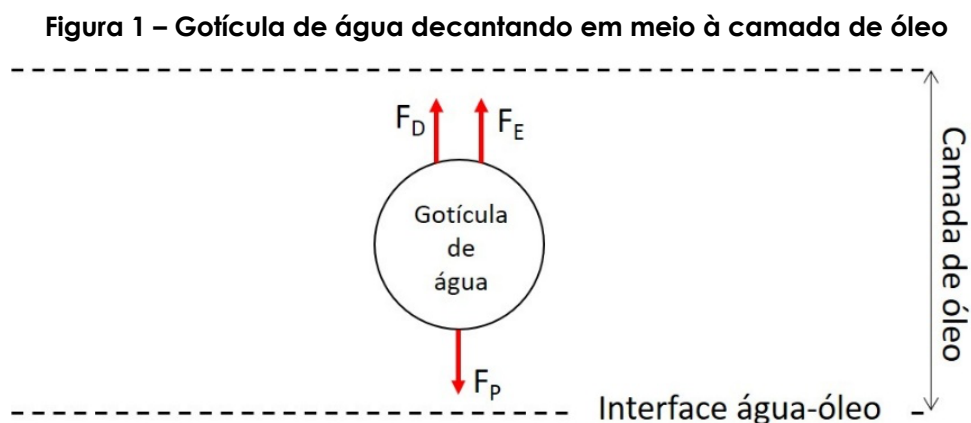
REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Fundamentos teóricos para o projeto de um separador

Arnold e Stewart (2008) definem que o projeto de um separador água/óleo deve ser abordado a partir de uma versão combinada das teorias de decantação e tempo de residência. A metodologia proposta por eles usa teorias e equações para o projeto de qualquer vaso separador que processe dois líquidos imiscíveis.

Teoria de decantação

Assume-se que as gotículas se comportam como partículas esféricas perfeitas e que irão decantar por uma fase contínua estagnada graças à ação da força gravitacional (Grødal e Realff, 1999). Em geral, a força vertical atuando em uma gotícula esférica perfeita e imersa em uma fase estagnada é o resultado da atuação das forças de arrasto (F_D) e de flutuação (F_B), sendo a última o resultado da interação das forças de peso (F_P) e empuxo (F_E) sobre a gotícula (Arnold e Stewart, 2008) (Figura 1).



Fonte: elaborada pelos autores.

A lei de Stokes governa o processo (Arnold e Stewart, 2008). Considerando uma gotícula de água imersa em uma camada de óleo, semelhante ao que foi apresentado na Figura 1, a força de arrasto poderia ser escrita da seguinte forma:

$$F_D = 0,003\pi\mu V_t D_m \quad \text{Eq. [1]}$$



em que F_D é força de arrasto (Lei de Stokes) em Newtons, μ é a viscosidade da fase contínua (óleo) em cP, V_t é a velocidade terminal em m/s e D_m é o diâmetro da gotícula da fase dispersa em m. Enquanto isso, a força de flutuação seria definida por:

$$F_B = (\rho_w - \rho_o)g \left(\frac{\pi D_m^3}{6} \right) \quad \text{Eq. [2]}$$

em que F_B é força de flutuação em Newtons, ρ_w é a densidade da água em kg/m³, ρ_o é a densidade do óleo em kg/m³, g é a aceleração da gravidade em m/s² e D_m é o diâmetro da gotícula da fase dispersa em m.

Quando ocorre uma redução na velocidade de escoamento do óleo, e as gotículas de água começam a decantar, elas irão acelerar até que a força de arrasto se iguale à força de flutuação. A partir desse momento, as gotículas continuam decantando a uma velocidade constante conhecida como velocidade terminal (Martins, 2017). Logo, igualando F_D e F_B , fazendo $D_m = d_m(1 \times 10^{-6})$ e isolando a variável de velocidade, tem-se:

$$V_t = \frac{5,56 \times 10^{-7} \Delta SG d_m^2}{\mu} \quad \text{Eq. [3]}$$

em que V_t é a velocidade terminal em m/s, ΔSG é a diferença entre a gravidade específica do óleo e da água em relação à água, d_m é o diâmetro da gotícula da fase dispersa em μm e μ é a viscosidade da fase contínua em cP.

Teoria do tempo de residência

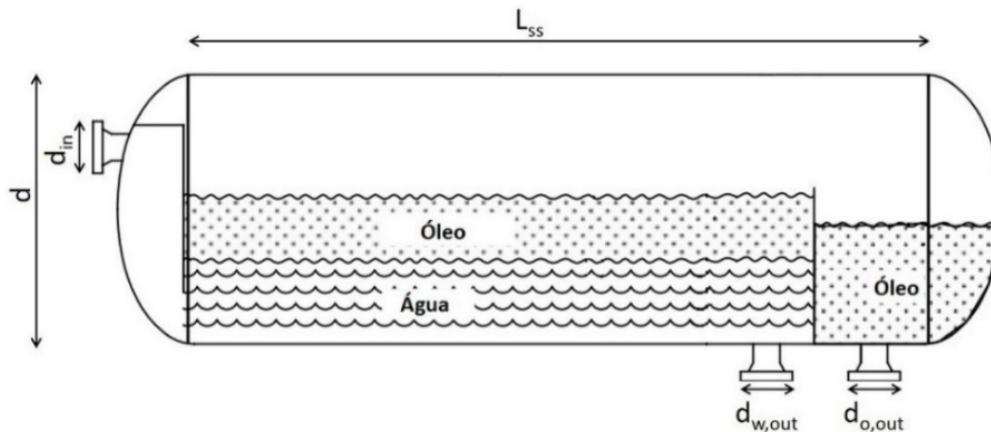
Essa teoria faz uso de dados experimentais sobre coalescência e decantação para aproximar o tempo em que as diferentes fases devem ficar no interior do separador para que a separação entre elas possa ocorrer (Grødal e Realff, 1999). Durante esse tempo, toda água presa ao óleo deve coalescer em gotas e então se dirigir à interface água-óleo (Arnold e Stewart, 2008). É comum usar um tempo de residência de 10 minutos para a água.

Projeto do separador horizontal água/óleo

O projeto do separador pode ser dividido em etapas de cálculo que buscam determinar o diâmetro (d) e o comprimento total (L_{ss}) do separador, bem como o

diâmetro interno do bocal de entrada (d_{in}) e do bocal de saída de água ($d_{w,out}$) e de óleo ($d_{o,out}$) (Figura 2). Para tanto, basta definir alguns parâmetros de entrada – como vazão de água (Q_w), vazão de óleo (Q_o), gravidade específica da água (SG_w) e do óleo (SG_o) em relação à água, tempo de residência da água ($(t_r)_w$) e do óleo ($(t_r)_o$), viscosidade do óleo (μ_o) e diâmetro da gotícula de água (d_w) – e, então, aplicá-los nas equações de projeto apresentadas a seguir.

Figura 2 – Esquema de um separador horizontal com os parâmetros de saída de projeto



Fonte: adaptada de Arnold e Stewart (2008).

Diferença entre as gravidades específicas

Para calcular a diferença entre as gravidades específicas do óleo e da água, basta utilizar a equação a seguir:

$$\Delta SG = SG_w - SG_o \quad \text{Eq. [4]}$$

em que SG_w é a gravidade específica da água em relação à água e SG_o é a gravidade específica do óleo em relação à água.

Espessura máxima da camada de óleo

Conhecendo a velocidade com a qual a gotícula de água decanta pela camada de óleo e sabendo que o tempo que a gotícula de água leva para decantar pela camada de óleo precisa ser, no máximo, igual ao tempo de residência do óleo, é possível chegar a uma equação que determine um valor máximo para a espessura da camada de óleo que ainda permitirá que a gotícula



de água decante até a interface água-óleo antes de ser arrastada para a saída de óleo. Esta equação é apresentada a seguir:

$$(h_o)_{max} = \frac{0,033(t_r)_o(\Delta SG)d_m^2}{\mu} \quad \text{Eq. [5]}$$

em que $(h_o)_{max}$ é a espessura máxima da camada de óleo em mm, $(t_r)_o$ é o tempo de residência do óleo em min, d_m é o diâmetro da gotícula da fase dispersa em μm e μ é a viscosidade da fase contínua em cP. Arnold e Stewart (2008) recomendam o uso de um diâmetro de 500 μm para a gotícula de água, caso nenhum dado empírico esteja disponível.

Fração da área da secção transversal do separador ocupada por água

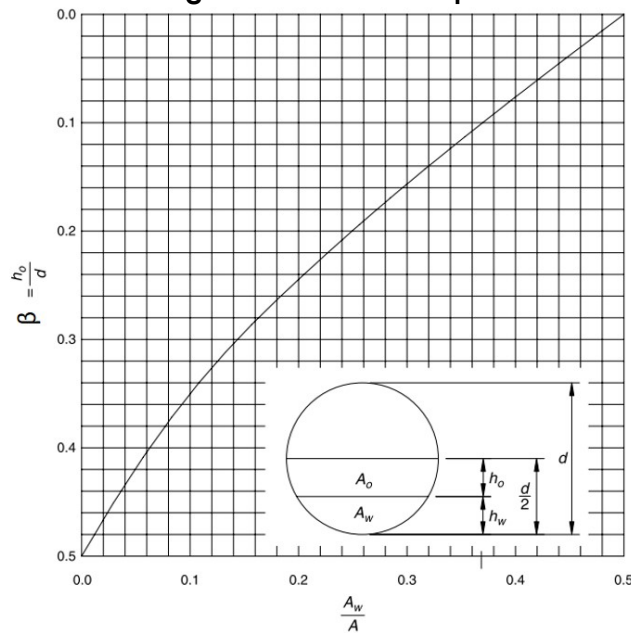
Conhecendo a vazão e o tempo de residência da água e do óleo, é possível chegar a uma relação que permita calcular a fração da área da secção transversal do separador ocupada por água. Essa relação é definida por:

$$\frac{A_w}{A} = 0,5 \frac{Q_w(t_r)_w}{Q_o(t_r)_o + Q_w(t_r)_w} \quad \text{Eq. [6]}$$

em que A_w é a área da secção transversal do separador ocupada por água em m^2 , A é a área da secção transversal do separador em m^2 , Q_w é a vazão de água em m^3/h , $(t_r)_w$ é o tempo de residência da água em min, Q_o é a vazão de óleo em m^3/h e $(t_r)_o$ é o tempo de residência do óleo em min.

Diâmetro máximo do separador

A partir do cálculo da fração da área da secção transversal do separador ocupada por água, basta recorrer à correlação gráfica apresentada na Figura 3 para obter o valor do coeficiente β . Esse coeficiente pode ser definido como a razão entre a espessura da camada de óleo (h_o) e o diâmetro do separador (d).

Figura 3 – Coeficiente β 

Fonte: adaptada de Arnold e Stewart (2008).

Logo, se a espessura da camada de óleo (h_o) for igual à espessura máxima determinada pela Equação 5, é possível determinar um diâmetro máximo para o separador a partir da Equação 7.

$$d_{max} = \frac{(h_o)_{max}}{\beta} \quad \text{Eq. [7]}$$

em que d_{max} é o diâmetro máximo do separador em mm, $(h_o)_{max}$ é a espessura máxima da camada de óleo em mm e β é a altura fracionária de óleo dentro do vaso.

Capacidade do líquido

Enquanto a teoria de decantação é empregada para determinar uma espessura máxima para a camada de óleo e, conseqüentemente, um diâmetro máximo para o separador, a teoria de tempo de residência é usada para desenvolver uma equação capaz de gerar combinações aceitáveis de diâmetro (d) e comprimento efetivo (L_{eff}) para o separador (Arnold e Stewart, 2008). Essa equação é conhecida como equação da capacidade de líquido e é definida por:

$$d^2 L_{eff} = 4,2 \times 10^4 [(t_r)_o Q_o + (t_r)_w Q_w] \quad \text{Eq. [8]}$$

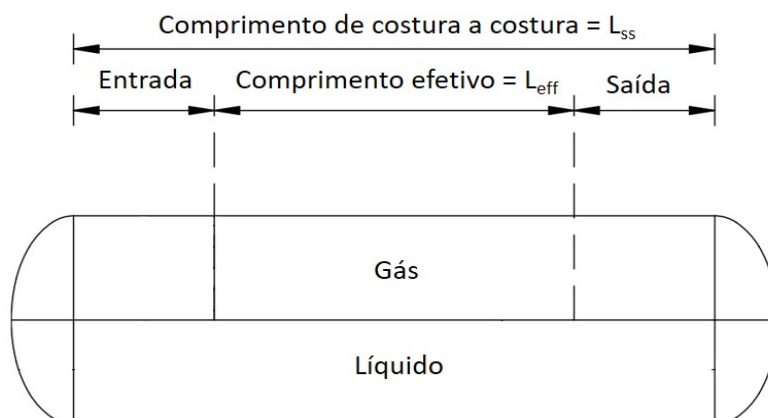
em que d é o diâmetro do separador em mm, L_{eff} é o comprimento efetivo do separador em m, ao longo do qual a separação ocorre, $(t_r)_o$ é o tempo de residência do óleo em min, Q_o é a vazão de óleo em m³/h, $(t_r)_w$ é o tempo de residência da água em min e Q_w é a vazão de água em m³/h.

Qualquer valor atribuído para o diâmetro (d) deve ser menor que o diâmetro máximo do separador (d_{max}), obtido pela equação [7].

Comprimento total do separador

Segundo Arnold e Stewart (2008), no caso de separadores dimensionados a partir da capacidade do líquido, como é o caso do separador de água/óleo a ser desenvolvido, uma porção do comprimento do separador é necessária para a distribuição do fluxo de entrada e para a saída de líquido, como mostrado na Figura 4.

Figura 4 – Comprimento total aproximado de um vaso separador horizontal cheio até a metade com líquido



Fonte: adaptada de Arnold e Stewart (2008).

Logo, com base nesses conceitos e juntamente à experiência de campo, os autores afirmam que o comprimento total não deve exceder a seguinte relação:

$$L_{ss} = \frac{4}{3} L_{eff} \quad \text{Eq. [9]}$$

em que L_{ss} é o comprimento total do separador em m e L_{eff} é o comprimento efetivo do separador em m, ao longo do qual a separação ocorre.



Dimensionamento dos bocais

A Royal Dutch/Shell Group (1996) recomenda que, em separadores líquido-líquido, o diâmetro interno do bocal de entrada seja grande o suficiente para que a velocidade total do líquido não ultrapasse 1 m/s. Logo, sabendo que a velocidade total do líquido que entra no separador é dada por

$$V_{m,in} = \frac{\left(\frac{Q_w + Q_o}{3600}\right)}{\left(\frac{\pi d_{in}^2}{4}\right)} \quad \text{Eq. [10]}$$

O diâmetro interno do bocal de entrada deve ser maior que o valor de referência obtido quando a velocidade total do líquido é igual a 1 m/s, ou seja:

$$d_{in} > \sqrt{\frac{Q_w + Q_o}{900\pi}} \quad \text{Eq. [11]}$$

em que $V_{m,in}$ é a velocidade total do líquido em m/s, d_{in} é o diâmetro interno do bocal de entrada em m, Q_w é a vazão de água em m³/h e Q_o é a vazão de óleo em m³/h.

A mesma limitação de velocidade é sugerida aos bocais de saída de água e de óleo. Nesse caso, o diâmetro interno do bocal deve ser tal que:

$$d_{o,out} > \sqrt{\frac{Q_o}{900\pi}} \quad \text{Eq. [12]}$$

$$d_{w,out} > \sqrt{\frac{Q_w}{900\pi}} \quad \text{Eq. [13]}$$

em que $d_{o,out}$ é o diâmetro interno do bocal de saída de óleo em m, Q_o é a vazão de óleo em m³/h, $d_{w,out}$ é o diâmetro interno do bocal de saída de água em m e Q_w é a vazão de água em m³/h. Ainda segundo Arnold e Stewart (2008), os bocais de saída geralmente possuem o mesmo diâmetro do bocal de entrada.



METODOLOGIA

Projeto do separador horizontal água/óleo

A primeira etapa no projeto do separador água/óleo consistiu na definição dos parâmetros de entrada (Tabela 1).

Tabela 1 – Parâmetros de entrada e seus respectivos valores

Parâmetro de entrada	Valores
Vazão de água (Q_w)	0,01 m ³ /h
Vazão de óleo (Q_o)	0,017 m ³ /h
Gravidade específica da água em relação à água (SG_w)	1
Gravidade específica do óleo em relação à água (SG_o)	0,9187
Tempo de residência da água (t_r) _w	10 min
Tempo de residência do óleo (t_r) _o	10 min
Viscosidade do óleo (μ_o)	50,1 cP
Diâmetro da gotícula de água (d_w)	500 μ m

Fonte: elaborada pelos autores.

Os valores dos parâmetros de entrada foram inicialmente definidos e, ao final dos cálculos, no Excel, foram avaliados para verificar se os valores para o diâmetro (d) e o comprimento total do separador (L_{ss}) eram aceitáveis. Caso esses valores fossem demasiadamente elevados, as vazões de água e de óleo eram reduzidas, mantendo o mesmo volume percentual de cada fase, até chegar a um valor de diâmetro e comprimento total que possibilitasse a construção do separador em escala reduzida.

Como a bancada processa óleo vegetal (óleo de soja) como substituto do petróleo cru, a gravidade específica do óleo em relação à água (25 °C/25 °C) foi definida como sendo igual a 1. Como o óleo vegetal processado no separador possui propriedades semelhantes a petróleos intermediários, o tempo de residência do óleo foi definido como 10 min. O tempo de residência da água também foi definido em 10 min. O diâmetro da gotícula de água em meio ao óleo foi definido em um valor de 500 μ m para os casos em que não há informação experimental disponível.

Os parâmetros de saída do projeto podem ser vistos na Tabela 2. É importante destacar que o diâmetro do vaso e o diâmetro dos bocais foram definidos buscando adequar o projeto a materiais disponíveis comercialmente.

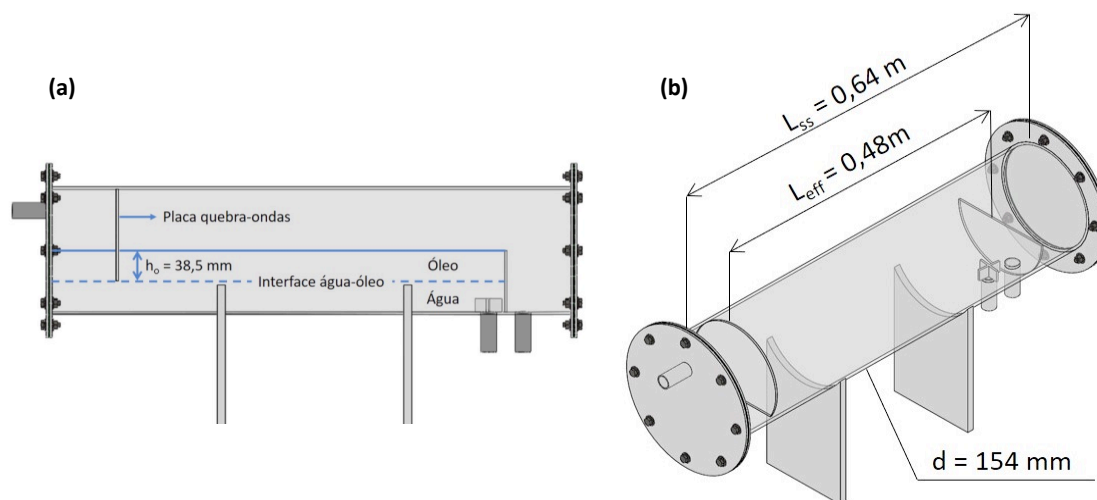
Tabela 2 – Parâmetros de saída obtidos no projeto do separador

Parâmetro calculado	Resultado obtido
Diâmetro do separador (d)	154 mm
Comprimento total do separador (L_{ss})	0,64 m
Diâmetro interno do bocal de entrada (d_{in})	0,017 m
Diâmetro interno do bocal de saída de água ($d_{w,out}$)	0,017 m
Diâmetro interno do bocal de saída de óleo ($d_{o,ut}$)	0,017 m

Fonte: elaborada pelos autores.

Com as dimensões devidamente calculadas, o separador foi então modelado em 3D no *software* SolidWorks. Os desenhos podem ser vistos nas Figuras (5a) e (5b). O comprimento total do separador foi dividido de forma a reservar uma região para a distribuição do fluxo de entrada, para o comprimento efetivo e para a câmara de acúmulo de óleo.

Figura 5 – Modelo 3D do separador projetado: (a) vista frontal e (b) vista isométrica



Fonte: elaborada pelos autores.

Construção da bancada didática do separador horizontal água/óleo

A etapa de construção da bancada consiste em três partes: i) materiais utilizados; ii) montagem da bancada; e iii) testes experimentais.

Materiais usados

Diversos materiais foram usados e classificados em: i) sistema de alimentação dos fluidos e saída dos fluidos; e ii) separador horizontal:



i) Sistema de alimentação e saída dos fluidos: 2 reservatórios de acrílico (L x A x P) 19 x 39 x 30 cm; 4 registros de gaveta 1/2"; eletrobombas de 34 W/220 V; 1 conexão em forma de "Y" impressa em ácido polilático (PLA) com 3 saídas de 20 mm de diâmetro interno; 2 válvulas de retenção 1/2" tipo portinhola; 2 rotômetros com faixa de vazão de 3 a 30 L/h, marca Barry Century, com conexão soldável de 1/2"; chapas de acrílico de 3 mm de espessura; 2 registros esfera 1/2"; tubos de policloreto de vinila (PVC) 20 mm, conexões de PVC; 2 registros de gaveta 1/2"; tubos de PVC 20 mm; conexões de PVC; 2 registros esfera soldáveis de PVC 20 mm; tubos de PVC 20 mm; conexões de PVC; estrutura formada por perfis de aço aparafusadas com base de madeira e rodízios.

ii) Separador horizontal: chapas de acrílico de 3 mm de espessura; tubo de acrílico com 64 cm de comprimento, 160 mm de diâmetro externo e 3 mm de espessura; papel Velumoide para juntas; tubos de PVC 20 mm para os bocais.

Montagem do sistema experimental

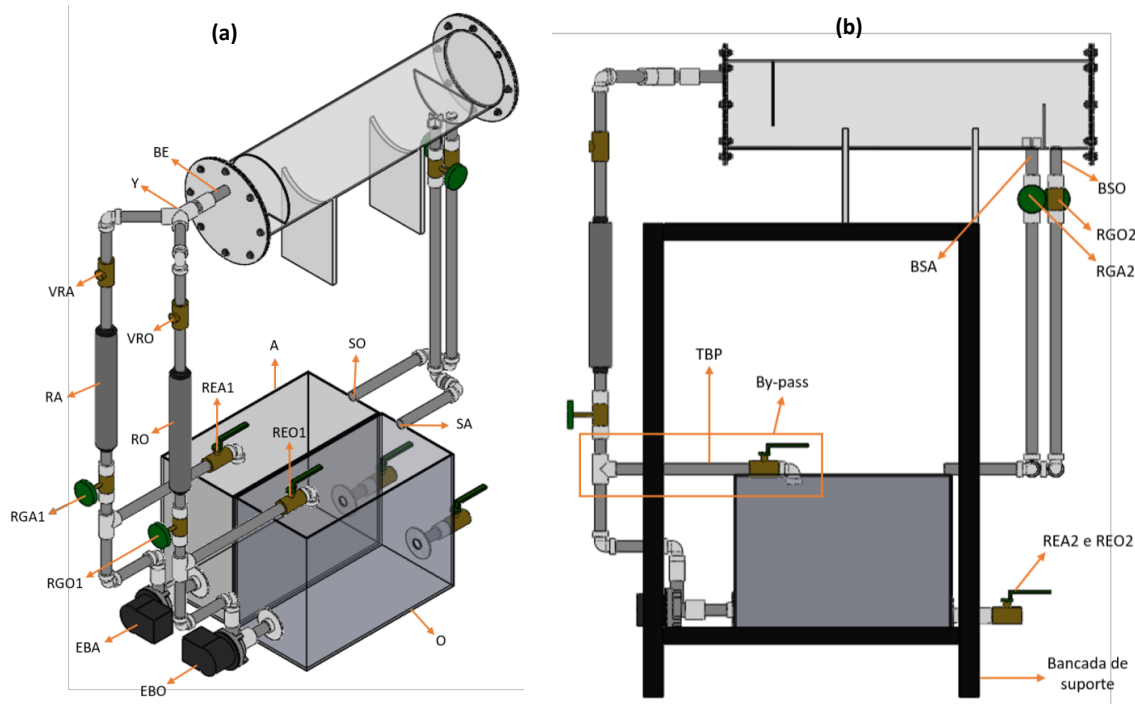
Antes de iniciar a construção, a bancada didática foi modelada em 3D no *software* SolidWorks para possibilitar a melhor alocação de cada componente. Os desenhos podem ser visualizados nas Figuras (6a) e (6b).

O sistema está formado pelas eletrobombas EBA e EBO, responsáveis por enviar os fluidos dos reservatórios A e O até o bocal BE. Para o controle do volume de líquido bombeado o sistema de alimentação apresenta um *by-pass* (Figura [6b]).

Os registros RGA1 e RGO1 são responsáveis por adequar as vazões de água e de óleo aos níveis de projeto, tomando como referência a leitura feita nos rotômetros RA e RO. Na extremidade de cada tubo de *by-pass* (TBP) foi alocado um registro (REA1 e REO1) parcialmente fechado para permitir que o fluido bombeado conseguisse subir até o separador.

Na saída do separador, foram usados os registros RGA2 e RGO2, cada um ligado ao bocal de saída de um fluido. Quando RGO2 é aberto, o óleo retido na câmara de acúmulo de óleo retorna ao reservatório de origem devidamente separado. A mesma situação é observada no momento em que o registro RGA2 é aberto, permitindo que uma porção do volume de água retida na seção de acúmulo de líquido escoe e retorne ao reservatório A, até que o nível da interface água-óleo seja controlado e o registro seja novamente fechado. O resultado final da etapa de construção da bancada didática pode ser visto nas Figuras (7a) e (7b).

Figura 6 – Esquema desenhado no SolidWorks da bancada didática: (a) vista isométrica sem a bancada de suporte e (b) vista frontal com a bancada de suporte

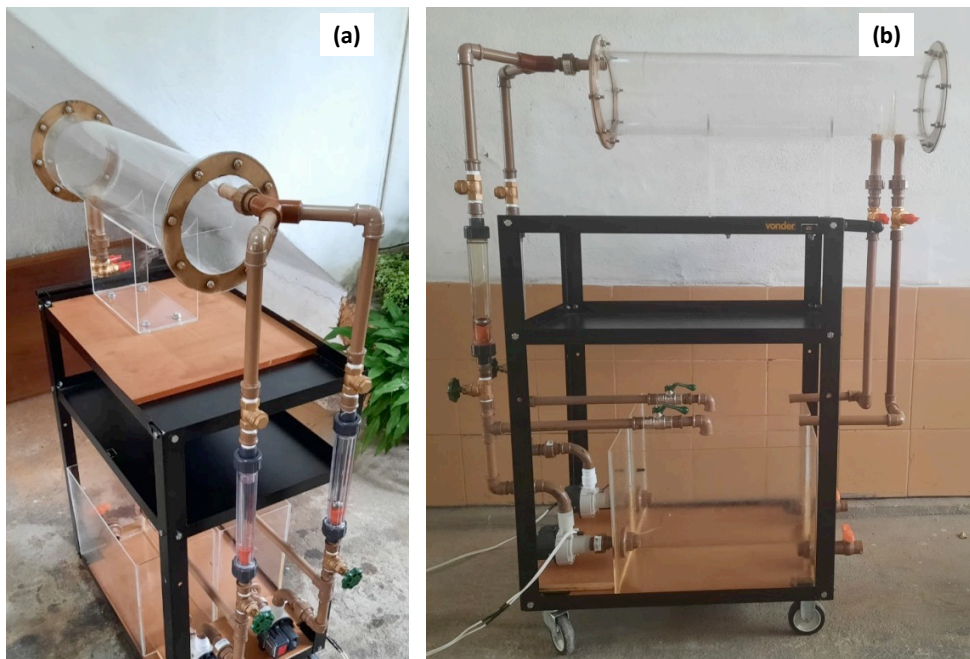


A – Reservatório de água; O – Reservatório de óleo; EBA e EBO – Eletrobombas; RGA1, RGO1, RGA2 e RGO2 – Registros de gaveta; RA e RO – Rotâmetros; REA1 e REO1 – Registros esfera; VRA e VRO – Válvulas de retenção; Y – Conexão em forma de "Y"; BE – Bocal de entrada; SA – Saída de água; SO – Saída de óleo

BSA – Bocal de saída de água; BSO – Bocal de saída de óleo; RGA2 e RGO2 – Registros de gaveta; TBP – Tubos de *by-pass*; REA2, REO2 – Registros esfera;

Fonte: elaborada pelos autores.

Figura 7 – Bancada didática montada: (a) vista isométrica e (b) vista frontal



Fonte: acervo dos autores.



Testes experimentais

Foram conduzidos testes para avaliar o comportamento do separador nas condições de projeto. Inicialmente, os reservatórios A e O tiveram de ser preenchidos com seus respectivos fluidos. Foram usados 12 litros de água e 12 litros de óleo vegetal (óleo de soja). Os registros RGA2 e RGO2 foram completamente fechados, enquanto os registros RGA1 e RGO1, utilizados para controle das vazões de água e de óleo, foram parcialmente abertos, não permitindo que a vazão de entrada no separador ultrapassasse os valores de projeto. Os registros REA1 e REO1 do sistema de *by-pass* foram parcialmente fechados, de modo a permitir que os fluidos pudessem ser bombeados até o separador.

Com as eletrobombas ligadas, os registros de RGA1 e RGO1 foram devidamente ajustados, com auxílio dos rotômetros RA e RO, para a vazão de óleo e de água definida em projeto. A partir daí foi necessário aguardar o enchimento da seção de acúmulo de líquido do separador.

Quando o óleo transbordou pelo *weir* e foi acumulado, o registro RGO2 foi aberto para permitir que o fluido pudesse retornar ao reservatório de origem. O mesmo procedimento era realizado com o registro RGA2, buscando eliminar parte da água acumulada e controlar o nível da interface água-óleo. Estando os níveis devidamente ajustados, os registros eram novamente fechados.

O sistema foi mantido funcionando durante 3 horas. Ao longo desse tempo, foram coletadas amostras a cada 30 minutos nas saídas de água e de óleo (SA e SO), com o objetivo de avaliar a eficiência do processo de separação.

RESULTADOS

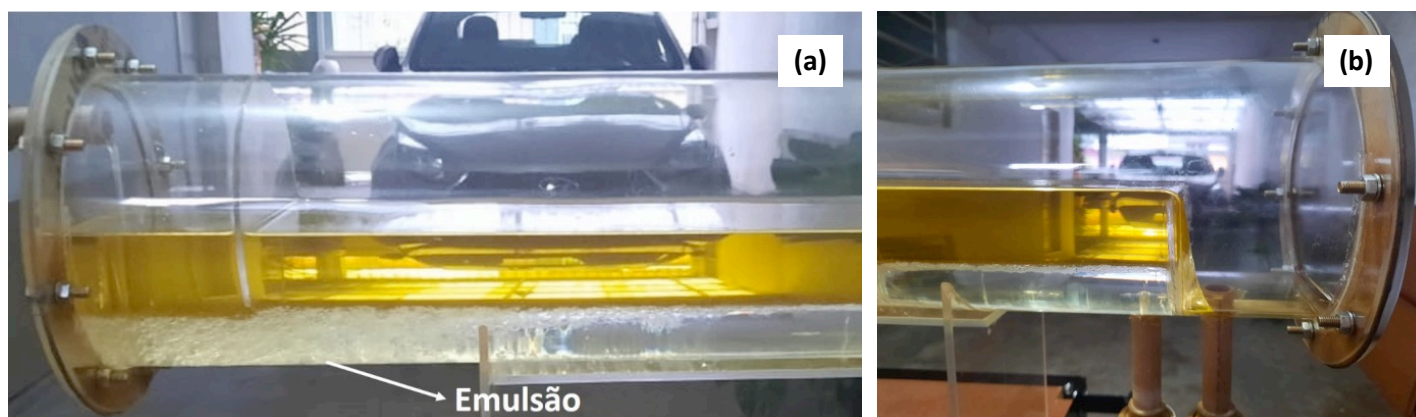
A Figura 8 apresenta o separador durante o momento do teste em que a seção de acúmulo de líquido se encontrava cheia e o óleo transbordava sobre o *weir*. O tempo decorrido até o primeiro transbordo de óleo foi de 12 minutos. O óleo foi acumulado até que o registro conectado ao bocal de saída fosse aberto e o líquido pudesse retornar ao reservatório de origem devidamente separado.

Foi possível perceber durante os testes uma interface bem definida de água e óleo a partir da metade do comprimento do separador, assim como a presença de uma emulsão na interface água-óleo, Figura (8a), sendo bem expressiva na entrada do separador e quase imperceptível na região próxima ao bocal de saída de água, tal como detalhado na literatura (Arnold e Stewart, 2008). Na Figura (8b)

pode ser observada a separação nítida das fases aquosa e oleosa no final do separador com a fase oleosa transbordando sobre o *weir*.

Na Figura (8a), é possível também perceber um pequeno desnível na interface água-óleo, próximo à placa quebra-ondas, indicando que o registro do bocal de saída de água deveria ser aberto para controlar o nível da interface.

Figura 8 – Fotografia do separador em operação apresentando: (a) a emulsão no início do separador e (b) a fase oleosa transbordando sobre o weir



Fonte: acervo dos autores.

As amostras de água e óleo coletadas durante o teste podem ser vistas na Figura 9. Não foi possível observar a olho nu a presença de fase oleosa nas amostras de água coletadas, mesmo depois de repousarem por uma hora. No caso das amostras de óleo, também não foi observada a presença de água, sendo possível notar essa mesma característica em todas as amostras, mesmo depois de deixá-las repousar por uma hora. Com base nisso, pode-se dizer que a separação foi bem-sucedida e que o separador operou adequadamente.



Figura 9 – Amostras coletadas durante a operação de separação em diferentes tempos: (a) saída de água e (b) saída do óleo



Fonte: acervo dos autores.

CONCLUSÕES

Pode-se concluir que as teorias de decantação e tempo de residência possibilitam o projeto e a construção de um separador horizontal de água/óleo em nível de bancada, proporcionando, via testes experimentais, uma separação bem-sucedida do fluxo de água/óleo utilizado para simular a mistura advinda de um poço de petróleo. Também se pode concluir que é viável a construção de uma bancada didática do separador usando materiais e componentes viáveis que permitiram simular as condições de projeto e possibilitaram a visualização do processo de separação no interior do separador.

REFERÊNCIAS

- ANJOS, R. C. N. S. **Dimensionamento de vaso separador bifásico horizontal**. 2015. 45 f. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia de Petróleo) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2015.
- ARNOLD, K. E.; STEWART, M. **Surface Production Operations: Design of Oil Handling Systems and Facilities**. 3rd ed. [S.l.]: Elsevier, 2008.



- BRASIL, N. I.; ARAÚJO, M. A. S.; SOUSA, E. C. M. (Org.). **Processamento de Petróleo e Gás**: petróleo e seus derivados, processamento primário, processos de refino, petroquímica, meio ambiente. Rio de Janeiro: LTC, 2012.
- GRØDAL, E. O.; REALFF, M. J. Optimal Design of Two- and Three-Phase Separators: A Mathematical Programming Formulation. **Proceedings...** SPE ANNUAL TECHNICAL CONFERENCE AND EXHIBITION, 1999, Houston, SPE, 1999.
- MARTINS, C. F. **Estudo do desempenho de um separador trifásico devido aos efeitos dos movimentos de uma FPSO sob ação de ondas do mar**. 2017. 138 f. Dissertação de mestrado (Mestrado em Ciências e Engenharia de Petróleo) – Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2017.
- PETRY, D. R. *et al.* Estratégias competitivas em Instituições de Ensino Superior: um estudo de caso à luz da visão baseada em recursos. **Revista Gestão Universitária na América Latina-GUAL**, v. 10, n. 2, p. 1-19, 2017.
- ROYAL DUTCH SHELL. **Liquid/liquid and gas/liquid/liquid (three-phase) separators**: type selection and design rules. [S.l.], 1996.
- SOUZA, B. C. P. *et al.* Construção de um protótipo de vaso separador bifásico horizontal. **Anais...** Congresso Nacional de Engenharia de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, 2016, Natal. Anais. Campina Grande: Realize, 2016.
- THOMAS, J. E. (Org.). **Fundamentos de engenharia de petróleo**. Rio de Janeiro: Interciência, 2001.