

PRÉ –SEPARAÇÃO DE AREIA EM PLATAFORMAS DE PRODUÇÃO: RESULTADOS PRELIMINARES

Simões, S. Q.^{1,2}, Martins, A. L.², Gonçalves, C. J. C.² Medronho, R. A.¹

¹ Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, CT, Bl. E, Ilha do Fundão,
21949-900, Rio de Janeiro-RJ, saritaqs@ig.com.br, medronho@eq.ufjf.br

² Cenpes/Petrobras, Q. 7, Ilha do Fundão, 21949-900, Rio de Janeiro-RJ,
aleibsohn@cenpes.petrobras.com.br; clemente@cenpes.petrobras.com.br

Resumo – A produção de areia é um problema técnico-econômico crítico na produção de óleo e gás, uma vez que, mesmo em vazões relativamente baixas, sólidos podem causar consideráveis problemas nos sistemas de produção como, por exemplo, severas erosões nas válvulas e linhas. Adicionalmente, parte desta areia produzida é acumulada no separador gás/óleo/água, tendo que ser removida por jateamento de areia, chegando a obrigar, com relativa frequência, a parada da produção por até alguns dias para que seja conduzida uma limpeza manual do equipamento. Neste trabalho, a fluidodinâmica computacional (CFD) foi empregada no estudo de um sistema de pré-separação de areia, que visa a aumentar o tempo de campanha dos separadores de produção. Uma análise preliminar do problema identificou como características desejáveis do equipamento de separação sólido/fluido, uma reduzida dimensão e peso, devido ao limitado espaço disponível em plataformas offshore, e, também, uma elevada capacidade em virtude das altas vazões de fluido processadas. Tomando-se por base estes condicionantes, escolheu-se o ciclone como equipamento de estudo. Com o ciclone escolhido foram obtidas eficiências de separação da areia igual a 97%, para um diâmetro de partícula de 250 μm , e uma eficiência de separação das gotas de óleo (100 μm) de 85%.

Palavras-Chave: Areia; Separação; Ciclone, Petróleo, Produção.

Abstract – Sand production is a critical technical-economical problem in oil and gas production. Even at relatively low flow rates, solids can cause considerable problems in production systems as, for instance, severe erosion of pipe work and valves. Moreover, part of this produced sand accumulates on the production separators (gas/oil/water separator). This accumulated sand is usually removed by sand jetting. However, from time to time it is necessary to shutdown the production system for a few days to allow a hand cleaning of the apparatus. In this work, computational fluid dynamics (CFD) was employed to study of a sand pre-separation system, aiming at increasing the operational time of the production separator. A preliminary analysis of the problem showed that the solid/fluid separator should have a reduced weigh and size, due to the limited space available on offshore platforms, and also a high capacity, due to the high flow rates occurring in production platforms. Hence, the cyclone was chosen for further studies. Sand grade efficiency of 97%, for particles with diameter of 250 μm , and oil grade efficiency of 85 %, for drop diameter of 100 μm , were obtained with the chosen cyclone.

Keywords: Sand, Separation, Cyclone, Petroleum, Production.

1. Introdução

Cerca de 70% das reservas mundiais de óleo e gás estão contidas em reservatórios inconsolidados, onde a produção de areia se torna um problema no decorrer da vida produtiva do poço (Carlson, 1992). Reservatórios inconsolidados são mais suscetíveis à produção de areia, a qual pode começar no início da produção do reservatório, devido ao arraste causado pelo fluido ou pela turbulência do gás, ou posteriormente quando ocorre queda de pressão no reservatório. Outra causa da produção de areia é o influxo de água, o qual provoca uma redução da pressão capilar entre os grãos de areia. Adicionalmente, a perfuração pode reduzir a permeabilidade ao redor da superfície da cavidade perfurada e enfraquecer a formação. Estas zonas enfraquecidas tornam-se suscetíveis à quebra quando ocorrem mudanças bruscas na vazão de escoamento.

Os danos causados pela areia podem variar em intensidade, podendo ou não ser necessária alguma intervenção. Dentre os principais contratempores desta produção podemos citar a deposição de areia no interior do poço, encobrindo os canhoneados, ou formação de “bridge” na coluna de perfuração, reduzindo ou até mesmo causando a interrupção do fluxo; erosão de equipamentos de superfície (linhas, chokes, etc.) e de sub-superfícies (DHSV, mandris de gás lift, etc.); acumulação de areia nos equipamentos de superfície; criação de grandes vazios por trás do revestimento, onde desmoronamentos podem causar redução drástica de permeabilidade nas imediações do poço ou colapso do próprio revestimento; e ainda, perda do isolamento.

Na tentativa de solucionar este problema, a utilização de ciclones gás-sólido se mostra uma alternativa mais interessante do que a utilização de equipamentos convencionais para separação da areia. Ciclones podem remover sólidos de forma contínua, controlada, e sem que seja necessária a interrupção da produção. Seu peso e seu tamanho estão usualmente em torno de 10% de um equipamento convencional, e seu custo é proporcionalmente mais baixo. Ciclones requerem pouca, ou nenhuma intervenção do operador, e devido ao fato de não terem partes móveis, são de fácil manutenção (Rawlins, 2000).

Neste trabalho, a fluidodinâmica computacional (CFD) foi empregada no estudo de um ciclone capaz de separar a areia produzida contida em uma corrente de óleo, gás e água. A inclusão de um ciclone pré-separador de areia visa a possibilitar um aumento no tempo de campanha do separador de produção.

2. Materiais e Métodos

Utilizou-se no desenvolvimento deste trabalho a fluidodinâmica computacional, que é uma ferramenta utilizada para simular o comportamento de sistemas envolvendo o escoamento de fluidos, a transferência de calor e outros processos físicos relacionados. A solução é obtida através da resolução de equações de conservação, que descrevem os processos de transferência de momento, massa e calor, sendo estas resolvidas na sua forma discretizada, por método iterativo, para dadas condições de contorno. O software comercial utilizado foi o CFX 5.5.1, que utiliza o método dos volumes finitos (Fortuna, 2000) para a simulação numérica. Nesta técnica, a região de interesse é dividida em pequenas sub-regiões, chamadas de volumes de controle. As equações de conservação são discretizadas e resolvidas iterativamente para cada volume de controle, obtendo-se como resultado uma aproximação do valor de cada variável em pontos específicos do domínio.

Através de simulações com CFX 5.5.1, pode-se obter os perfis de velocidade e pressão dentro do equipamento e as vazões mássicas de dado tamanho de partícula para cada fase nas correntes de saída, com as quais são obtidas as eficiências granulométricas das fases particuladas, segundo a equação (1):

$$G = \frac{W_{su|d}}{W_{s|d}} \quad (1)$$

onde G é a eficiência granulométrica, isto é, a eficiência de separação de dado tamanho de partícula, $W_{su|d}$ é a vazão mássica de partículas no concentrado e $W_{s|d}$ é a vazão mássica de partículas na alimentação.

O equipamento simulado foi um ciclone de 100 cm de diâmetro interno, com entrada retangular (Figura 1) e dimensões dadas na Tabela 1. As proporções geométricas deste ciclone foram escolhidas, com base na experiência dos autores, para favorecer a separação em questão. Como alimentação do ciclone, utilizou-se uma corrente composta por uma fase gasosa, uma fase líquida (óleo e água), e areia. Como vazões e propriedades físicas de cada fase, foram utilizados valores típicos da corrente global proveniente de diversos poços produtores em uma plataforma de produção. A simulação foi realizada, então, para uma corrente de entrada contendo gás, líquido e areia. Como líquido, optou-se por utilizar óleo somente, porém com uma vazão de alimentação igual à soma das vazões de óleo e água. Isto porque a inclusão de mais uma fase particulada na simulação aumentaria muito o tempo de iteração. Além disso, como o óleo tem uma densidade inferior à da água, os resultados obtidos para a eficiência granulométrica das gotas de líquido seriam conservadores.

O óleo, que foi alimentado a uma vazão de 39,5 kg/s, possuía uma densidade de 920 kg/m³ e uma viscosidade de 32 cp a 30°C. Assumiu-se que este óleo entrava no ciclone sob a forma de gotas com 100 µm de tamanho médio. Já o gás, com densidade de 21,12 kg/m³ e com viscosidade de 0,013 cp, foi alimentado a uma vazão de 17,87 kg/s. A areia

se encontrava presente com concentração em torno de 0,1%, densidade de 1538 kg/m^3 , e diâmetro médio de partícula de $250 \mu\text{m}$.

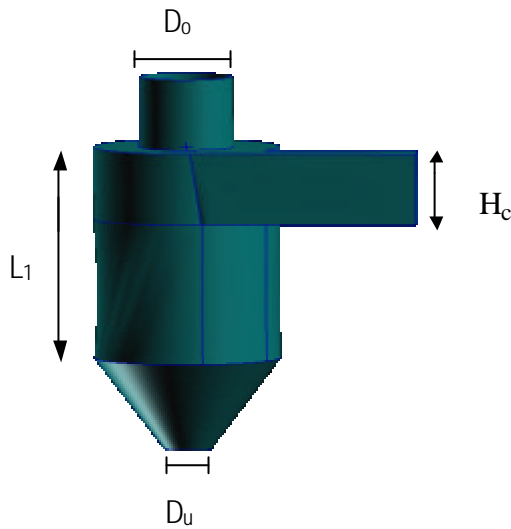


Tabela 1. Dimensões do ciclone

Dimensões (cm)	
D_c	100
D_u	25
D_o	50
L_1	150
H_c	50
B_c	25

Onde D_c é o diâmetro da parte cilíndrica e B_c é a largura do duto de alimentação. O significado dos demais símbolos pode ser encontrado na Figura 1.

Figura 1. Geometria do ciclone simulado

O modelo de turbulência utilizado nas simulações foi o modelo κ - ϵ , que é um modelo a duas equações baseado no seguinte conceito de viscosidade (Equação 2).

$$\mu_{\text{eff}} = \mu + \mu_t \quad (2)$$

onde μ é a viscosidade laminar e μ_t é a viscosidade turbulenta, definida por:

$$\mu_t = C_\mu \rho \frac{k^2}{\epsilon} \quad (3)$$

onde C_μ é uma constante obtida experimentalmente, ρ é a densidade do fluido, k é a energia cinética turbulenta e ϵ é a taxa de dissipação turbulenta.

3. Resultados e Discussões

As simulações foram realizadas em um microcomputador com processador Intel Pentium 4, 1.8 GHZ, com 512 MB de memória RAM. O tempo médio de cada iteração, utilizando-se a malha construída com 298.196 elementos tetraédricos foi de 2 minutos. As Figuras 2 a 5 ilustram os resultados obtidos.

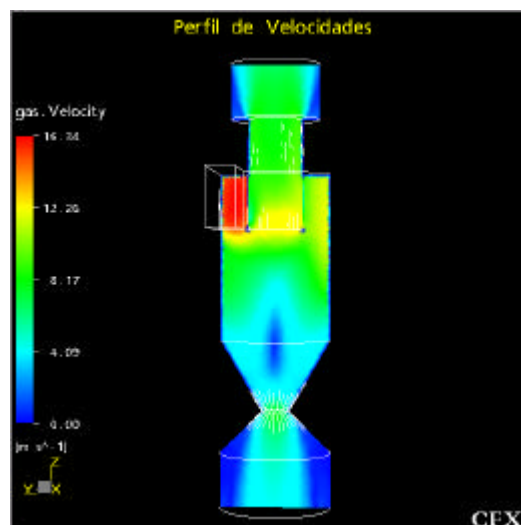


Figura 2. Perfil de velocidades do gás

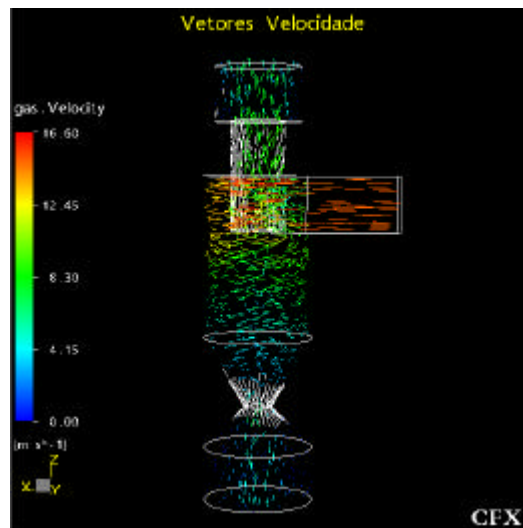


Figura 3. Vetores velocidade do gás

Na Figura 2 pode-se visualizar o perfil de velocidades do gás dentro do ciclone, em um plano que corta verticalmente a geometria e na Figura 3 podem ser visualizados os vetores velocidade do gás. Nestas figuras, pode-se notar as altas velocidades na entrada do equipamento, com a sua conseqüente redução ao longo do ciclone, em direção ao orifício de saída do concentrado.

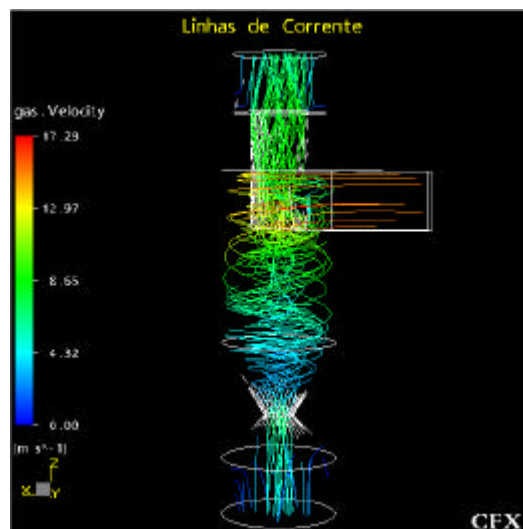


Figura 4. Linhas de corrente do gás

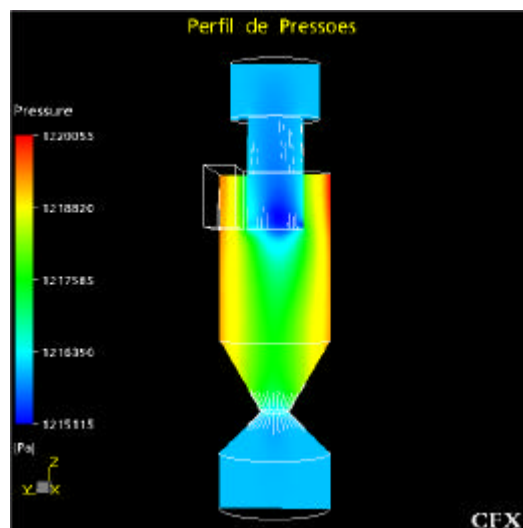


Figura 5. Perfil de pressões

A Figura 4 mostra as linhas de corrente do gás no interior do equipamento. Pode-se notar claramente o vórtice externo descendente e o vórtice interno ascendente do gás. Na Figura 5 pode-se observar o perfil de pressões, que deixa clara a existência de um gradiente radial de pressões.

Com base nas vazões alimentadas ao ciclone, foram obtidas uma eficiência de separação da areia igual a 97%, para um diâmetro de partícula de 250 μm , e uma eficiência de separação das gotas de óleo (100 μm) de 85%. Estes são valores bastante elevados de eficiência, o que indica a viabilidade do uso de um ciclone pré-separador de areia antes do separador de produção.

Em continuidade a este trabalho, pretende-se otimizar a geometria do ciclone estudado com o objetivo de atingir ainda melhores eficiências de separação tanto da areia quanto do óleo.

4. Conclusões

Os resultados obtidos mostram que o ciclone estudado tem elevado potencial de separação tanto da areia quanto do óleo produzidos. Foram obtidas eficiências de 97% para areia com 250 μm de diâmetro e de 85% para gotas de óleo com 100 μm de diâmetro. Estes resultados mostram que este ciclone é um forte candidato a atuar na pré-separação da areia produzida que chega às plataformas de produção de petróleo, podendo com isto ser instalado antes do separador de produção.

5. Agradecimentos

Os autores agradecem à ANP pelo apoio financeiro através de bolsa concedida a um dos autores pelo Programa EQ/ANP-PRH13, e à Petrobras pelo fornecimento dos dados necessários ao desenvolvimento deste trabalho.

6. Referências

- CARLON, J.; GURLEY, D.; KING, G.; PRICE-SMITH, C.; WATERS, F., Sand Control: Why and How? *Oielfield Review*, p. 41-53, 1992.
- FORTUNA, A.O., *Técnicas Computacionais para Dinâmica dos Fluidos: Conceitos Básicos e Aplicações*, Ed. USP, São Paulo, 2000.
- RAWLINS, C. H.; STATEN, S. E.; WANG, I. I., Design and Installation of a Sand Separation and Handling System for a Gulf of Mexico Oil Production Facility. *SPE 63041*, p. 1-10, 2000.