

10º CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM PETRÓLEO E GÁS



TÍTULO DO TRABALHO:

ANÁLISE DOS CENÁRIOS DE PRESSÃO INTERNA NA FASE DE SERVIÇO NA FASE DE PRODUÇÃO DE UM POÇO DE PETRÓLEO UTILIZANDO O SOFTWARE CWELL

AUTORES:

BRUNNA VIRNA LUSTOSA ALENCAR
MORGANA LIMA FRANÇA
JOÃO PAULO LIMA SANTOS

INSTITUIÇÃO:

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS, CENTRO DE TECNOLOGIA

ANÁLISE DOS CENÁRIOS DE PRESSÃO INTERNA NA FASE DE SERVIÇO NA FASE DE PRODUÇÃO DE UM POÇO DE PETRÓLEO UTILIZANDO O SOFTWARE CWELL

Abstract

The construction of a well is one of the most important and crucial stages for oil production, as it involves high costs due to all the risks involved in the process. Through well-developed and efficient well designs, it is possible to ensure operational safety by meeting all prerequisites and enabling high profitability production. Among the stages of a project, there is a cementation, which aims, among other objectives, to provide mechanical support for casing, in addition to filling the space between casing and the well wall. Since a cemented column must use maximum loadings during installation and service life, analyzing cementation is important to ensure drilling safety. A pipe is subject to an explosion charge if it is pressed internally greater than the external. The collapse is a failure that occurs due to external pressure caused and can be considered elastic, plastic or in transition regimes. The thin wall tubes exhibit elastic collapse and the thick wall tubes exhibit plastic collapse. Given this, this paper aims to evaluate the scenario of collapse of the casing in the production phase of a well, in order to ensure the safety of the casing system. For its development, the Petroleum Engineering Applications System (SAEP) tool was used, where it is possible to make changes in several important parameters for the evaluation of the casing design. For the cementation analysis, the steel grade used and the height of the cement top were changed. Through SAEP, it was observed that, initially the steel grade being C75, the triaxial resistance guaranteed a safe operation. Then, as the steel grade was decreased, it was noted that safety was no longer guaranteed until it became unfeasible, which is consistent with the studies and literature. Already analyzing the height of the top of the coated cement column, it can be seen that even though safe operations are both cementing to the surface and halfway, the collapse scenario cementing to the surface ensures greater resistance to collapse. Thus, it was possible to confirm the importance of analyzing this scenario in the project execution, extending the importance of all scenarios that must be evaluated for an efficient and safe well casing project.

Introdução

A descida de tubos de revestimento e o processo de cimentação de poços ocorrem após a perfuração das fases do poço e é de extrema importância, pois interfere diretamente na vida produtiva do mesmo.

Sendo assim, poços apresentando vazamentos em tubos de sustentação ou ainda com deficiência de isolamento, pode gerar impactos catastróficos tanto financeiramente quanto em relação à segurança operacional.

O principal objetivo deste trabalho é analisar cenários de pressão interna na fase de serviço, fazendo uso da ferramenta computacional desenvolvida para auxílio ao projeto de revestimento de poços de petróleo chamada Casing Well (CWELL).

Metodologia

A metodologia adotada nesse trabalho é realizada variando certos parâmetros para que com isso, ocorra a avaliação dos cenários através do CWELL. A partir desse *software* é possível fazer as análises da coluna de revestimento na fase de produção submetida aos esforços de pressão interna e externa, além de avaliar o grau de cimentação do revestimento.

1. Cimentação

Nesse caso, tem-se como Caso Base a cimentação com as seguintes características:

- Pressão de injeção do cimento: 3500 psi;
- Densidade do cimento: 19 lb/gal;
- Grau do aço: C75;
- Cimentado até a superfície (topo do cimento = 0 metro).

Com isso, mantém-se a pressão de injeção do cimento fixa, e são feitas alterações nos outros parâmetros para avaliação, gerando assim 3 casos. O primeiro tem o grau do aço alterado para K55; o segundo tem a densidade do cimento diminuída para 13 lb/gal; e o terceiro tem o topo do cimento alterado para 1250 metros, o que significa que foi cimentado até a metade do revestimento.

2. Especificação em relação ao cenário de Análise de Esforços

Segundo Bernt (1996), nos projetos de dimensionamento das colunas de revestimento devem-se considerar as resistências mínimas dos tubos para suportar os esforços solicitantes de pressão interna (Burst), pressão externa (colapso) e de tração.

2.1 Esforços de Pressão Interna (*Burst*)

O tubo terá uma tendência a estourar quando a diferença entre as pressões internas e externas excederem a resistência mecânica do tubo. *Burst* é uma falha de tração, resultando em ruptura ao longo do eixo do tubo (BELLARBY, 2009). A resistência à pressão interna R_{pi} de escoamento no corpo do tubo de aço é alcançada através da equação de Barlow, considerando 87,5% do escoamento da parede, pois a API permite a espessura variar em até 12,5%, devido aos defeitos de construção, conforme discutido por Bernt (1996).

$$R_{pi} = 0,875 \frac{2Yp}{D/t}$$

2.2 Esforços de Colapso

Quando o diferencial de pressão aplicado ao tubo indicar um nível de pressão externa maior que a interna, com grande predominância da pressão externa atuando no anular, o tubo pode sofrer falha por colapso. A pressão externa pode ser consequência de alterações da pressão de poro do reservatório, do fluido de perfuração e da expansão térmica de gases no tubo. A resistência ao colapso (R_c) é função da razão (D/t) (diâmetro/espessura), do grau do aço do tubo e do esforço axial. O fator de segurança na resistência ao colapso varia entre 1,0 a 1,125. Segundo a norma API 5C3:1999, são definidos quatro tipos de falhas em regimes de colapso: colapso de escoamento, colapso plástico, colapso de transição, colapso elástico. A partir do range de (D/t) é avaliado a faixa de ocorrência do regime de colapso (CORREIA & SANTOS, 2017).

$$Y_{pa} = Yp \sqrt{1 - 0,75 \left(\frac{Sa}{Ya} \right)^2 - 0,5 \left(\frac{Sa}{Ya} \right)}$$

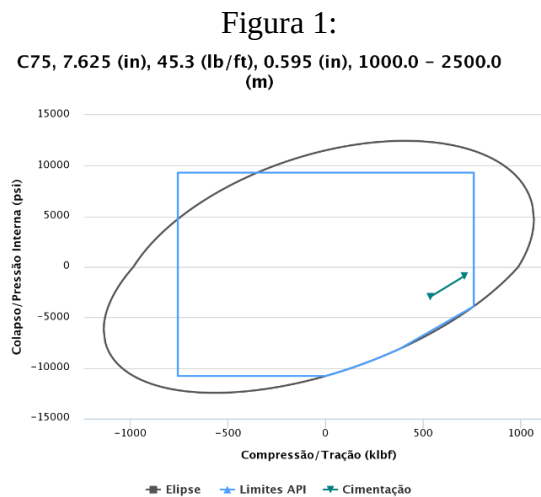
2.3 Esforço de Tração

Para o cálculo do carregamento axial total em qualquer ponto da coluna deve considerar as condições de peso próprio da coluna, efeito de empuxo, carregamentos de flexão, overpull, carregamentos devido às mudanças de temperatura, dentre outros. O cálculo da resistência à tração baseia-se na carga axial mínima requerida para o escoamento do tubo, de modo que o tubo não sofre deformações plásticas. Para sua quantificação, considera-se então a tensão de escoamento do aço como valor limite (CORREIA & SANTOS, 2017), conforme a equação abaixo:

$$R_t = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) Y_p$$

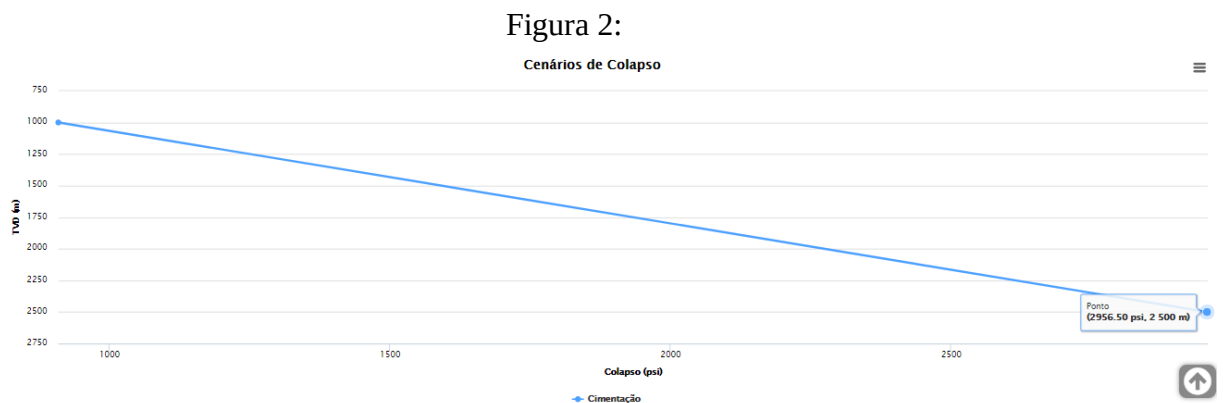
Resultados e Discussão

Como Caso Base, tem-se seu gráfico de Resistências Triaxiais mostrado na Figura 1.



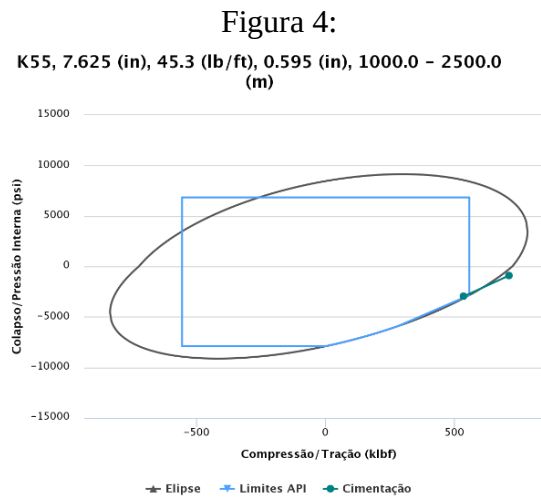
Fonte: Autor

Ainda para o Caso Base, o seu gráfico para a pressão de colapso é mostrado na Figura 2, onde a 2500 metros, atinge a maior pressão de 2956,50 psi.

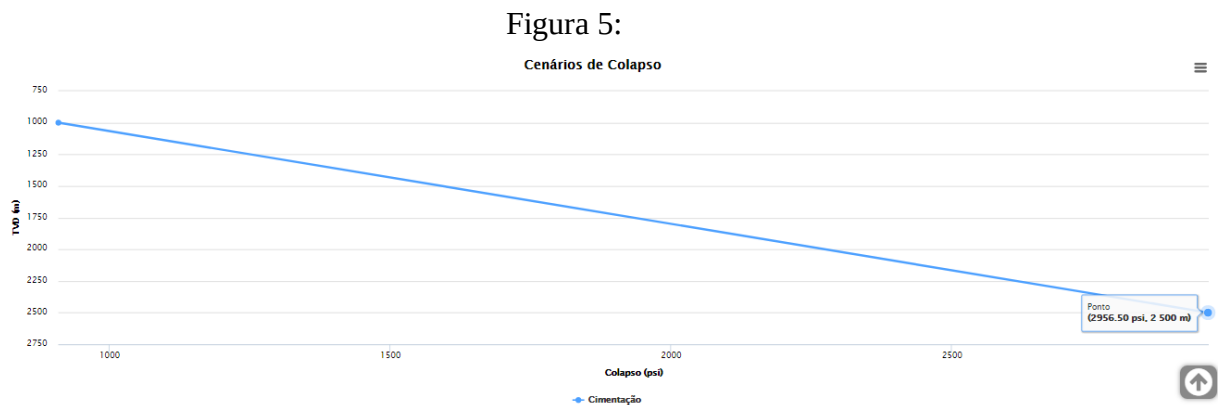


Fonte: Autor

Alterando apenas o grau do aço para K55, tem-se um comportamento diferente, mostrado na Figura 4. O cenário de colapso para esse caso é visto na Figura 5.



Fonte: Autor



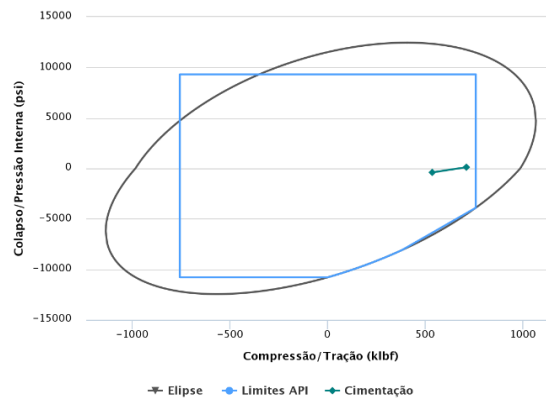
Fonte: Autor

Dessa forma, com a linha referente à cimentação passando da envoltória e dos limites API, tem-se uma situação crítica de segurança, representando o tubo em um regime plástico. Percebe-se que a mudança do grau do aço não influenciou na pressão de colapso, que se manteve em 2956,5 psi.

Ao alterar apenas a densidade do cimento, diminuindo para 13 lb/gal, tem-se o comportamento mostrado na Figura 6, e o respectivo cenário de colapso mostrado na Figura 7.

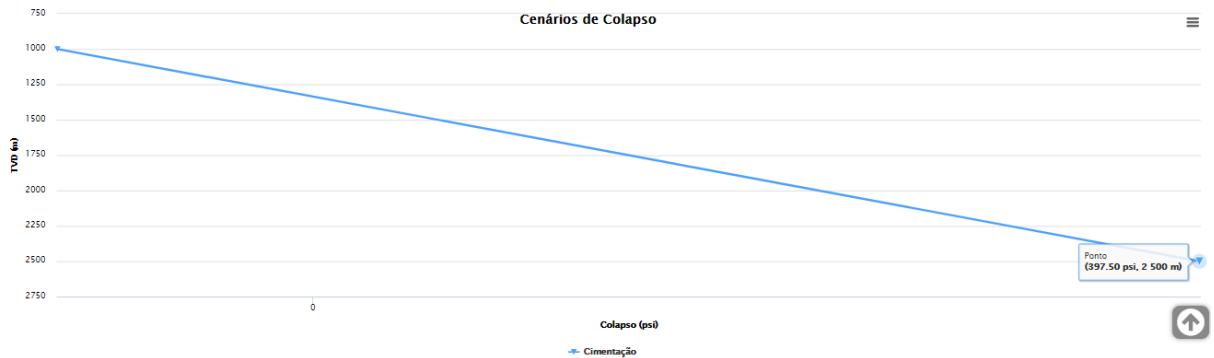
Figura 6:

C75, 7.625 (in), 45.3 (lb/ft), 0.595 (in), 1000.0 – 2500.0 (m)



Fonte: Autor

Figura 7:



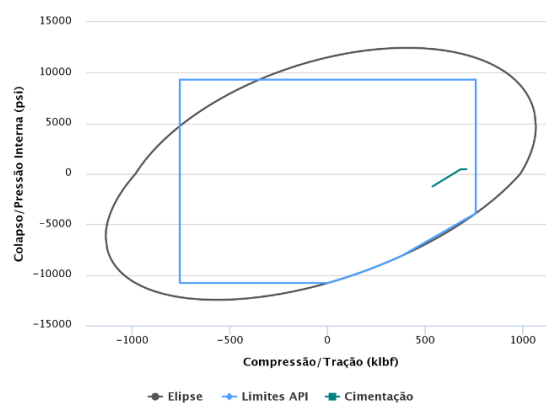
Fonte: Autor

Como ainda permaneceu dentro dos limites, a operação continuou em segurança. Porém, nota-se que a pressão de colapso a 2500 metros passou para 397,5 psi.

Por fim, alterou-se no Caso Base apenas o topo do cimento, saindo de zero para 1250 metros. Seu gráfico de Resistências Triaxiais é mostrado na Figura 8. Na Figura 9 observa-se o respectivo cenário de colapso.

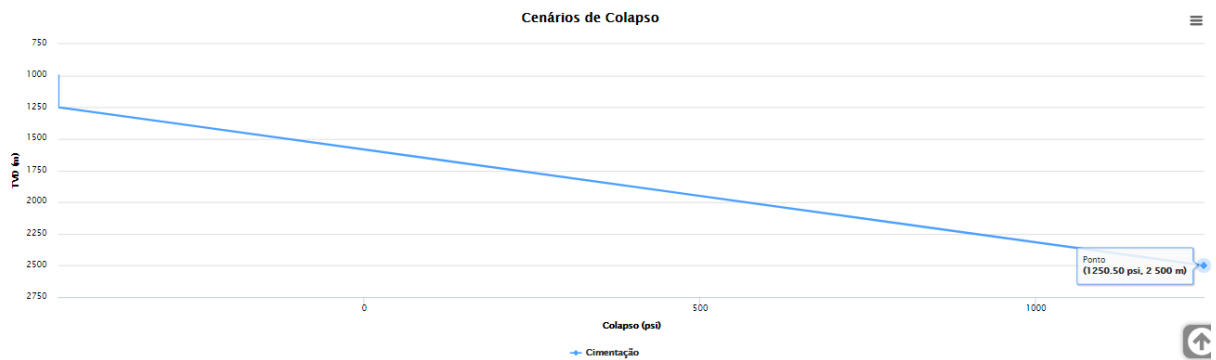
Figura 8:

C75, 7.625 (in), 45.3 (lb/ft), 0.595 (in), 1000.0 – 2500.0 (m)



Fonte: Autor

Figura 9:



Fonte: Autor

Como também permaneceu dentro dos limites, o regime continuou sendo elástico, dentro dos limites de segurança. Já a pressão de colapso aumentou um pouco em relação ao caso anterior, ficando no valor de 1250,5 psi.

Conclusões

Foi possível concluir que mesmo pequenas alterações em alguns parâmetros de projeto já são capazes de provocar mudanças operacionais significativas, como foi notado na fase de cimentação. A escolha do grau do aço ideal é fundamental para uma operação segura, e seu correto dimensionamento é necessário para que não haja gastos em excesso com um grau muito maior do que o necessário. Já a diminuição da massa específica da pasta de cimento levou a uma pressão de colapso muito baixa em 2500 metros, se comparado com o caso base, o que significa uma baixa tolerância na profundidade de 2500 metros, não aguentando aumento de pressão acima de 397,5 psi. Já levando em conta a cimentação feita até 1250 metros, também se nota uma diminuição da pressão máxima de colapso na profundidade de 2500 metros.

Por mais que, com exceção do grau do aço K55, todos os outros estiveram dentro dos limites API e da envoltória, os cenários de colapso foram alterados significativamente. Isso demonstra a importância da análise desse cenário na execução do projeto, estendendo a importância a todos os cenários que devem ser avaliados para um eficiente e seguro projeto de revestimento de poço.

Referências Bibliográficas

Bernt, S. A. 1996. **Modern Well Design**. 2 ed. CRC Press.

Bellarby, J. et all. 2009. **Well Completion Design**. 1 ed.

J. P. A. Correia, J. P. L. Santos. **Avaliação numérica da integridade estrutural de revestimento de poços de petróleo em zonas de alta pressão e alta temperatura e áreas de rochas salinas**. HOLOS, Ano 33, Vol. 01. Março, 2017.

SPE – The Society of Petroleum Engineers. **Driller's Method**. 2015. Disponível em: <https://petrowiki.org/Internal_pressure_loads_on_casing_and_tubing_strings>.