

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



TÍTULO DO TRABALHO:

MODELOS E FERRAMENTAS COMPUTACIONAIS PARA APOIO AO DIMENSIONAMENTO DE REVESTIMENTOS DE POÇOS

AUTORES:

Maria Clara Almeida Souza¹, João Paulo Lima Santos², Lucas Pereira de Gouveia³, Eduardo Toledo de Lima Júnior⁴, Silvio Ribeiro Dias Júnior⁵, Thiago Barbosa da Silva⁶, João Paulo Nogueira⁷, William Wagner Matos Lira⁸

INSTITUIÇÃO:

¹LCCV/UFAL, ²LCCV/UFAL, ³LCCV/UFAL, ⁴LCCV/UFAL, ⁵LCCV/UFAL, ⁶LCCV/UFAL, ⁷LCCV/UFAL, ⁸LCCV/UFAL

MODELOS E FERRAMENTAS COMPUTACIONAIS PARA APOIO AO DIMENSIONAMENTO DE REVESTIMENTOS DE POÇOS TÍTULO DO

Abstract

One of the challenges recently mapped oil industry in Brazil with the advance in the pre-salt is a mitigation of the effects pressure reduction between annulars. The fluid present within this casing is confined between itself and the next casing, and the production of a warmer fluid by the production column causes an increase in annular pressure between the last casing and the previous casing due to the heating of the casing. confined fluid. When producer wells have a large temperature rise, they generate or increase annular pressure that characterize the phenomenon known as annular pressure accumulation (or APB), since the fluids present in the display medium vary in their properties as a function of temperature and pressure. depend on the depth analyzed. The present work is designed to develop a methodology to quantify and evaluate the integrity of the coating in annular pressure (APB) situations, in line with the multistring coating system, which is designed to ensure economy and safety of coating designs. This methodology is being developed by the Halal and Mitchell (1994) model, which presents a measurement analysis, considering an expansion of the fluid in the annular through the PVT (Pressure - Volume - Temperature) ratios, as well as the deformable tubes throughout the whole. length, for an application within the SCORE (Coatings reliability system) module that follows, in addition to all the loading scenarios provided by N-2752B (Petrobras) special cases not provided for in standards, allocated in the Petrobras POÇO WEB system.

Introdução

As atividades relacionadas à exploração e produção de petróleo sempre demandam grandes investimentos e, para isso, são necessários vários estudos de viabilidade técnica e econômica quando há o interesse em um possível reservatório de petróleo (CABRAL, 2017). A descoberta de vastas jazidas de hidrocarbonetos no pré-sal em grandes profundidades com elevados valores de lâminas d'água, abre um amplo cenário de desafios para indústria. Com o objetivo de executar projetos complexos e muitas vezes inviáveis, novos modelos e metodologias de dimensionamento são propostos e estudados pela comunidade científica (GOUVEIA, 2014).

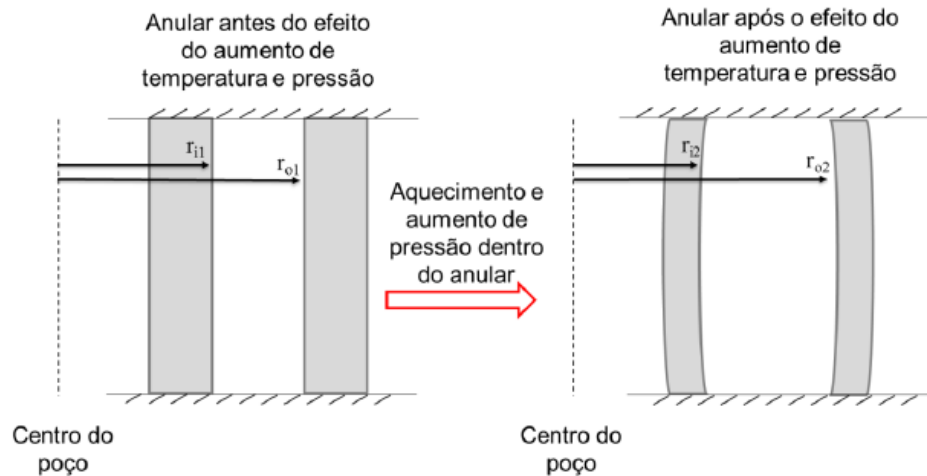
A perfuração de poços é realizada por fases, e em cada uma destas fases é descida uma coluna de revestimento que tem, entre outros objetivos, a função de prevenir o desmoronamento das paredes do poço, evitar a contaminação do meio por fluido de perfuração, bem como evitar o fluxo de fluido indesejado da formação e pressões externas exercidas pela mesma. O número dessas fases depende da profundidade prevista para o poço e das características da formação que está sendo perfurada (THOMAS, 2004).

De forma estrutural, o arranjo de um poço de petróleo possui formato telescópico, onde existem diversas colunas com diâmetros decrescentes ao longo da profundidade, sendo perfurado por fases. Como descrito por Santos (2017), a cada nova fase, um novo conjunto revestimento-anular é associado ao poço. Estes anulares podem ser completamente cimentados, como também parcialmente preenchidos por fluido de perfuração.

Na etapa de produção de um poço com elevadas temperaturas, o fluido produzido gera um aquecimento da coluna de produção, levando a um novo equilíbrio térmico nas proximidades do poço, com isso existe a tendência da expansão dos fluidos presentes nos anulares, com isso ocasionando o aumento da pressão entre os anulares (*Annular Pressure Buildup* - APB), sendo necessário considerar esta carga térmica nos projetos de poços (PEREZ, 2015), mas devido às tubulações no em torno desse anular restringirem essa

expansão, ocorre um aumento da pressão dentro do anular (SANTOS, 2017), a Figura 1 representa de forma esquemática o fenômeno APB, bem como os efeitos nos revestimentos.

Figura 1: Deformação das tubulações em torno do anular pelos efeitos do aumento de temperatura e pressão.



Fonte: Santos, 2017.

Segundo Halal & Mitchell (1994), poços submarinos HPHT (*High-Pressure, High-Temperature*) experimentam uma severidade agressiva nos revestimentos, não só na fase de produção, mas também durante os testes e perfuração, visto isso, torna-se um desafio construtivo poços em maiores profundidades aumentando o risco de acidentes (TEIXEIRA *et al.*, 2016).

Danos à estrutura mecânica do poço podem ser gerados pela ocorrência da elevada temperatura à qual o poço está submetido, podendo gerar perdas de produção, em barreiras de segurança e até mesmo a perda total do poço (SANTOS, 2017). A elevação térmica crescente no decorrer da produção irá desencadear uma série de reações às quais a estrutura deve estar apta a suportar, como o aumento da pressão nos anulares dos revestimentos e expansões térmicas dos revestimentos.

O presente trabalho estuda o fenômeno APB para a avaliação de integridade mecânica das colunas de revestimento. A formulação será desenvolvida para o futuro acoplamento ao Sistema de Confiabilidade de Revestimento (SCORE), desenvolvido no Laboratório de Computação Científica e Visualização (LCCV) em parceria com a Petrobras.

Metodologia

A metodologia aplicada, em primeiro lugar, consiste em uma revisão bibliográfica acerca do conteúdo disponível sobre o tema.

Para que seja permitido modelar o APB nos poços, torna-se necessário a determinação das propriedades térmicas dos fluidos nos anulares, que irá variar de acordo com a composição do mesmo, através das quais a expansão do fluido aquecido será determinada, surgindo a necessidade de se estudar as propriedades PVT dos fluidos envolvidos em um projeto de poço.

Em seguida, o equacionamento encontrado no trabalho de Halal & Mitchell (1994) é abordado ainda de forma teórica, em que, apresentam uma análise *multistring*, que usa a elasticidade dos revestimentos

cimentados e relações PVT para os fluidos anulares, para quantificar o aumento da pressão anular (APB).

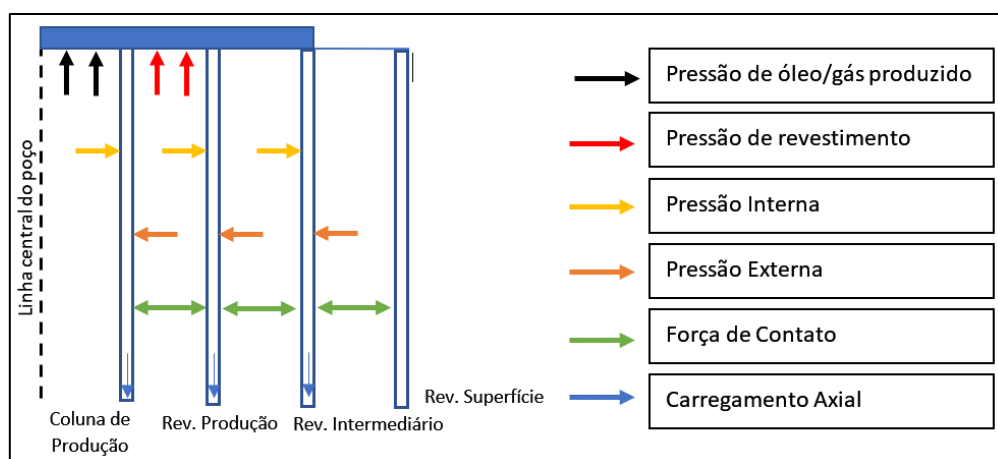
É realizado uma discussão ressaltando o motivo da aplicação do modelo proposto por Halal & Mitchell, que torna explícito a necessidade de analisar o aumento da pressão em anulares confinados em um sistema composto por diversas fases.

Para a etapa futura, será possível realizar uma implementação em linguagem computacional, com a validação do modelo baseado em dados encontrados na literatura, para a inserção do módulo de cálculo do APB no SCORE, para a realização de projetos de poços de forma segura e econômica.

Resultados e Discussão

Normalmente durante um projeto de dimensionamento de revestimentos aplicados à poços de petróleo, cada revestimento, em cada fase, é estudado e projetado de forma solitária, já levando em consideração os diversos cenários de carregamento a que estarão expostos, podendo ser utilizado mais de um tipo de tubo para a composição de determinada fase. Porém, a estrutura possui camadas de cimento em seus anulares, e este cimento faz com que tais revestimentos interajam entre si, de modo que os carregamentos aplicados a um deles pode solicitar os demais tubos. Um esquema que demonstra as interações entre esses revestimentos pode ser visto na Figura 2.

Figura 2: Interações entre os revestimentos – Forças atuantes no sistema.



Fonte: Lima Junior, 2018.

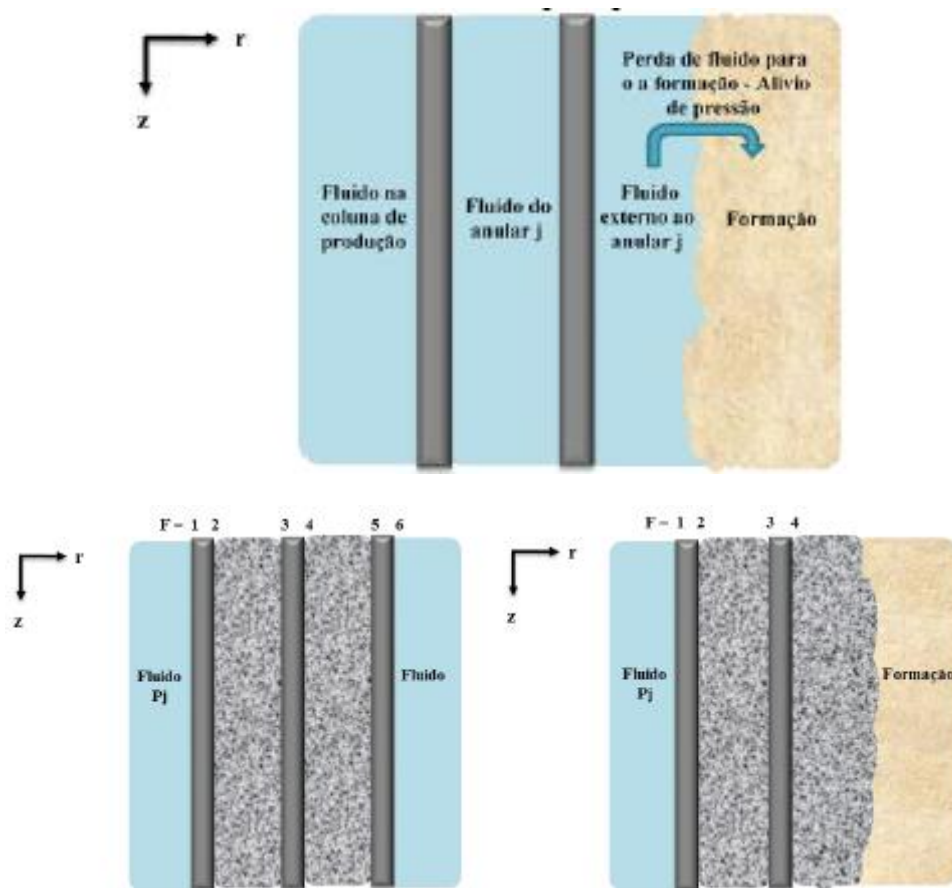
Com isso, surge então a necessidade de se avaliar o sistema de revestimentos como um todo, o cenário propostos a serem analisados no presente trabalho consistem no cenário de produção, avaliando o efeito térmico no sistema *multistring*, tendo em vista que, de acordo com Mumtaz Mirza (2017) o estresse térmico tem efeito significativo na resistência estrutural e estabilidade, potencialmente causando rachaduras ou quebras em certos componentes. Tais falhas podem comprometer o projeto geral da estrutura, o que pode levar a um possível enfraquecimento e deformação em alta temperatura ambiente.

Desta forma, fica evidente a necessidade de avaliar o sistema como um todo, o que reflete no modelo selecionado para o cálculo do aumento de pressão, em que, visa um modelo para perfis de pressão e temperatura no poço, considerando que a pressão e a temperatura variando axialmente ao longo do poço, e sistemas de múltiplos anulares selados como sistemas interativos, onde os anulares influenciam-se uns pelos outros.

O presente trabalho, estuda o equacionamento proposto por Halal & Mitchell publicado em 1994, relacionando propriedades dos tubos a serem utilizados, com o modelo térmico do poço e o modelo de expansão térmica do fluido, com a aplicação de diferentes fronteiras de contato externas e internas.

Baseado no trabalho de Santos (2017), as fronteiras de contato a serem consideradas são duas: fronteiras em contato com o fluido e fronteiras em contato com conjunto composto sólido (revestimento, cimento e formação), representados na Figura 3. Assim, a formulação a ser empregada em cada fase irá depender da superfície de contato ao qual a tubulação está submetida, interna e externamente.

Figura 3: Fronteiras e contato.



Fonte: Adaptado de Santos, 2017.

Para que seja definido o equacionamento a ser aplicado para o cálculo da pressão externa (ou condição de contorno externa), em um cenário real, faz-se necessário o seccionamento do poço em N seções, assim, para cada nova condição de contorno existirá uma nova seção.

Com isso é possível realizar a interação mecânica da estrutura como um sistema composto por uma certa quantidade de fases com a expansão dos fluidos envolvidos, e, o que torna o modelo um destaque quando comparado aos demais disponíveis na literatura.

Santos (2017), comparou os modelos proposto por Halal & Mitchell (1994), Oudeman & Kerem (2004), Oudeman & Bacarreza (1993) com um software comercial, chegando à conclusão de que o primeiro modelo foi o que mais demonstrou um menor erro, tendo como base os resultados gerados de forma computacional.

Conclusões

O crescimento de pressão em anulares tem um conceito simples e é facilmente entendido, porém a redução dos efeitos e modelagem do APB é complexa em termos práticos, levando-se em consideração as diversas causas do fenômeno, que não se encontra limitado apenas pela expansão dos fluidos. Estes métodos necessitam um cálculo confiável do APB para o dimensionamento dos revestimentos e dos equipamentos que compõem o conjunto solidário de barreiras de segurança (N-2752, 2014), visando a integridade estrutural durante toda a vida produtiva de um poço.

O estudo da expansão de fluidos em anulares, devido à produção de fluidos é de grande importância no projeto de revestimento de um poço, pois é a partir dele, unido aos demais carregamentos, que será definido o material do revestimento das fases do poço e consequentemente a definição dos custos de revestimento.

Dessa forma, fica evidente que parâmetros como o efeito térmico devem ser considerados para uma correta disposição de materiais a serem empregados no sistema de revestimento do poço. Além disso, modelagem proposta para trabalhos futuros, poderá ser aplicada a diferentes configurações de poços, podendo então, ser aplicado em um projeto de múltiplos anulares, para uma avaliação *multistring* coerente.

Referências Bibliográficas

CABRAL, C. P. **PERFORMANCE DE CONEXÕES API EM REVESTIMENTOS DE POÇOS**. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Federal de Alagoas – UFAL. Maceió, 2017.

GOUVEIA, L. P. **AValiação da Confiabilidade em Tubos de Revestimento de Poços de Petróleo**. Dissertação de mestrado – Universidade Federal de Alagoas – UFAL. Maceió, 2014.

HALAL, A. S.; MITCHELL, R. F. Casing **DESIGN FOR TRAPPED ANNULAR PRESSURE BUILDUP**. SPE Drilling & Completion, Vol. 9, No. 2, pp. 107-114, 1994.

LIMA JUNIOR, M. M. **INTRODUÇÃO À ANÁLISE DE INTERAÇÃO ENTRE REVESTIMENTOS VIA MODELOS MULTISTRING**. Relatório PIBIC – Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica – Universidade Federal de Alagoas – UFAL. Maceió, 2018.

MUMTAZ MIRZA, M.; RASU, E.; DESILVA, A. **THERMAL ANALYSIS OF OIL PIPELINE COATINGS**. Research & Development in Material Science. Outubro, 2017.

PEREZ, H. E. E. **EFEITO DA FLUÊNCIA DO SAL NO CRESCIMENTO DE PRESSÃO EM ANULAR CONFINADO DE POÇOS DE PRÉ-SAL**. Dissertação de mestrado – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2015.

SANTOS, T. G. **ESTUDO, DESENVOLVIMENTO E APLICAÇÃO DE MODELAGENS PARA O CÁLCULO DO AUMENTO DE PRESSÃO ANULAR (APB) EM POÇOS**. Dissertação de mestrado – Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN. Natal, 2017.

TEIXEIRA, M. S. S.; ROEHI, D.; BRANDÃO, N. **MODELAGEM NUMÉRICA DE POÇOS DE PETRÓLEO EM ZONA DE SAL COM AVALIAÇÃO DE EFEITOS TÉRMICOS NA FLUÊNCIA**. XXXVI Ibero-Latin American Congress on Computational Methods in Engineering - CILAMCE, Rio de Janeiro, 2015.

5º CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM PETRÓLEO E GÁS

THOMAS, J. E.. **FUNDAMENTOS DE ENGENHARIA DE PETRÓLEO**. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2004.