

8º CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM PETRÓLEO E GÁS



TÍTULO DO TRABALHO:

**AVALIAÇÃO INTEGRADA DA ESTABILIDADE DO
REVESTIMENTO CONDUTOR DE POÇOS DE PETRÓLEO**

AUTORES:

Caio Yuri da Silva Medeiros

João Paulo Lima Santos

INSTITUIÇÃO:

Universidade Federal de Alagoas - UFAL

AVALIAÇÃO INTEGRADA DA ESTABILIDADE DO REVESTIMENTO CONDUTOR DE POÇOS DE PETRÓLEO

Abstract

The conductor casing is the first installed and serves as support during drilling operations also prevents the collapse of the soil near the surface. During the building process of oil wells the conductor casing must support all the loads from the installation and service phases caused by the process of drilling and well completion. The present paper aims to evaluate the behavior of the conductor casing and its interaction with the soil, in order to obtain the design parameters that allow it to support all solicitations. The tensions assessed are consequences of the casings self-weight, the equipment installed in the well head and subsequent casings, in addition to the dynamic actions that occurred during the drilling phase due to its interaction with the drilling riser. To accomplish the paper goals it was created a computational environment that takes into account, the soil type (sand or clay) and the well and conductor casings geometric properties. Using this data and some formulation from norms, the program is capable of measure the casing, determining the ultimate axial load, in addition to the design parameters needed to support all loads to which it will be submitted.

Introdução

O revestimento condutor é o primeiro a ser instalado durante o processo de perfuração de um poço e é a base na qual serão afixados todos os revestimentos seguintes além dos equipamentos da cabeça do poço. Por isso a interação entre o revestimento e o solo no qual foi instalado é um aspecto crítico no projeto de um poço, uma vez que o colapso do solo pode comprometer capacidade estrutural de todo o poço.

A análise em questão é feita em um ambiente computacional desenvolvido a partir de dois métodos diferentes baseados na norma API RP 2A-WSD (2014). Ambos os métodos levam em conta os tipos de solos visando suas características próprias, a forma como foi instalado o revestimento, que pode ser pelo processo de jateamento, perfuração com broca e cimentação ou por base torpedo, também levando em consideração as características geométricas do poço e dos revestimentos.

Metodologia

Os procedimentos de cálculo de resistência mecânica das colunas de revestimento de poços de petróleo tradicionalmente são efetuados por meio da norma API 5C3 (*Bulletin on Formulas and Calculations for Casing, Tubing, Drill Pipe, and Line Pipe Properties*, API, 1999). Entretanto, um importante limitador para o revestimento condutor é avaliar a capacidade do solo em suportar as cargas axiais ao qual o mesmo está submetido. Para avaliação da capacidade axial do revestimento condutor foram implementadas duas formulações baseadas na norma API RP 2A-WSD (2014). Os dois métodos determinam a capacidade axial última do revestimento condutor para os tipos de solo mais comuns no leito marinho: areia e argila, descritos resumidamente a seguir:

Método 1

De acordo com este método, para dimensionar o revestimento condutor deve-se dispor de certos dados como: as características do solo, resistência não drenada ao longo da profundidade, o peso específico submerso, características da unidade de perfuração, configuração do *riser* de perfuração e características do BOP (*blowout preventer*), entre outros parâmetros. Uma vez possuídas estas

informações é possível obter a capacidade do revestimento para cada tipo de solo no qual ele será instalado de acordo com o tipo de solo:

Argilas: Para os solos argilosos a capacidade axial do revestimento (Q) pode ser calculada pelas equações Eq. (1) e Eq. (2):

$$Q = \pi D \int_0^L f \, dx \quad (1)$$

$$f = \alpha S_u \quad (2)$$

$$S_u = 3.9 + 1.1 \, prof \quad (3)$$

Tabela 1. Cálculo do Parâmetro α pelos valores de S_u

Valores de S_u	$S_u < 23.95 \text{ KPa}$	$23.95 \text{ KPa} < S_u \leq 71.85 \text{ KPa}$	$S_u > 71.85 \text{ KPa}$
Cálculo para o α	1	$1.25 - 0.01 S_u$	0.5

Onde, D é o diâmetro externo do revestimento ou o diâmetro da broca no caso de poço perfurado e cimentado, S_u é a resistência ao cisalhamento não drenada da argila dada pela Eq. (3), α é um coeficiente adimensional (tabela 1) e L é o comprimento do revestimento.

Areias: O cálculo da resistência axial máxima para areias (S) é dada pela Eq. (4):

$$S = K \sigma_v A_s \tan(\delta) \quad (4)$$

Onde, σ_v é a tensão efetiva na metade do comprimento do revestimento, K é o coeficiente de pressão lateral do solo (pode-se usar 0.7), δ é o ângulo de atrito interno da areia e A_s é a área lateral do revestimento condutor (área de um cilindro).

Método 2

Este método faz uma modelagem numérica do sistema de cabeça de poço, onde é adotado o modelo de Winkler modificado (Gerolymos et al., 1996), que descreve as reações do solo como molas não lineares. Partindo dessa modelagem e usando as formulações da norma API RP 2A-WSD (2014) é feita uma análise da capacidade axial dos solos para cada tipo.

Argilas: O cálculo da resistência axial para as argilas é obtido através da Eq. (5):

$$Q = \alpha S_u A_s \quad (5)$$

Onde temos S_u como a resistência não drenada da argila Eq. (3), A_s como a área superficial do revestimento e α como um parâmetro adimensional.

Areia: Para as areias o cálculo da capacidade axial (S) é similar ao das argilas, o que diferencia são os valores para o parâmetro adimensional β e a tensão efetiva (P_{ef}) como podemos ver na Eq. (6):

$$S = \beta P_{ef} A_s$$

Resultados e Discussão

Para avaliação das estratégias apresentadas foram avaliados dois cenários para análise da capacidade de carga a ser suportado pelo revestimento condutor em solo argiloso (tabela 2) e solo arenoso (tabela 3). Os cálculos foram feitos para as diferentes profundidades até o comprimento máximo do revestimento.

Tabela 2. Parâmetros para simulação de solo argiloso

Parâmetro	Diâmetro (D)	Comprimento (L)	Peso específico da argila (γ_c)
Valor (Si)	30"	30 m	13.5 N/m ³

Com os parâmetros da tabela 2, por meio do programa computacional desenvolvido é possível avaliar a capacidade de carga do revestimento condutor ao longo de seu comprimento axial (profundidade de assentamento), conforme apresentado na Fig. 1.

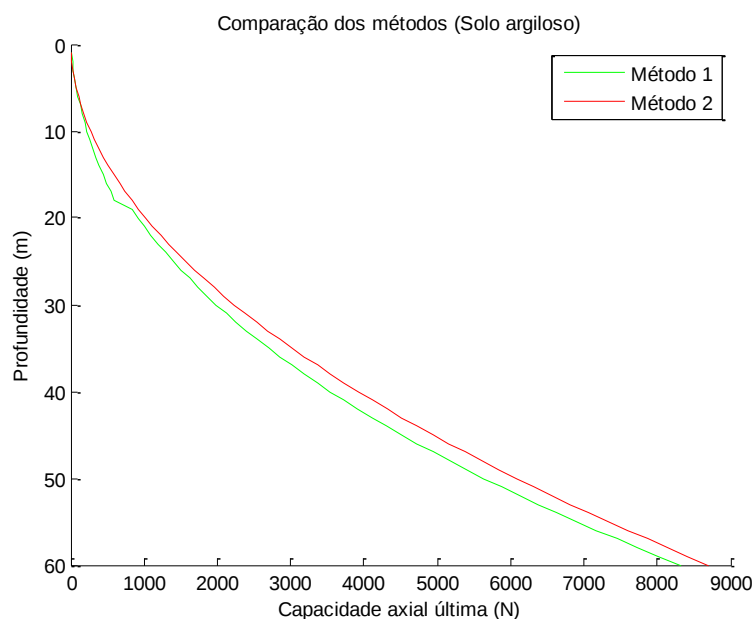


Figura 1. Gráfico comparativo da profundidade x capacidade axial para solos argilosos

A figura 1 mostra concordância entre os métodos de análise de capacidade de carga para solos argilosos. A descontinuidade observada pelo método 1 se deve ao valor do α que, não é contínuo com a profundidade. Já no método 2 o cálculo de α não prevê uma mudança tão brusca. Nesse caso, observa-se que o solo é capaz de suportar uma carga equivalente proveniente dos elementos de cabeça de poço (BOP) e do peso próprio do revestimento condutor de até 8600N.

A partir dos dados da tabela 3 usando as implementações para solos arenosos, foi analisada a capacidade de carga para o revestimento condutor ao longo da profundidade, conforme pode ser observado na Fig. 2.

Tabela 3. Parâmetros para simulação de solo arenoso

Parâmetro	Diâmetro (D)	Comprimento (L)	β	Peso específico da areia (γ_s)	Ângulo de atrito interno do solo (δ)
Valor (Si)	30"	30m	0.56	19.61 N/m ³	40º

Pode-se notar que, diferentemente dos modelos para análise de solos argilosos, o comportamento dos métodos não mostraram resultados satisfatoriamente próximos e nem demonstram uma tendência de crescimento parecida para areia. Isso pode ter ocorrido devido a definição de alguns parâmetros do modelo, uma vez que não foram encontradas fontes que fornecessem todos os dados correspondentes à mesma areia, sendo necessário efetuar uma correlação entre os seguintes parâmetros em fontes diferentes: β , δ , e γ_s . Em ambos os casos, conclui-se que a capacidade de carga do solo é um limitante importante para o projeto de revestimento do poço, uma vez que esses valores no caso em análise são, por exemplo, inferiores a 10% da capacidade de carga axial suportada por um tubo de revestimento classe H40.

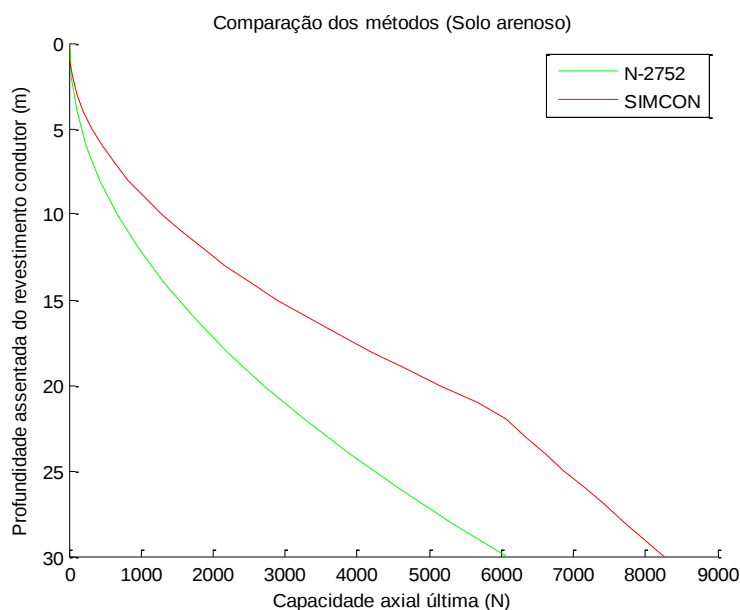


Figura 2. Gráfico comparativo da profundidade x capacidade axial para solos arenosos

Conclusões

Os resultados mostram que a capacidade de carga do solo para assentamento do revestimento condutor é um limitante importante na análise integrada da estabilidade do poço. As estratégias numéricas implementadas permitem avaliar com rapidez e agilidade esse importante fator limitante, podendo servir de auxílio no projeto de revestimento de poços de petróleo.

Agradecimentos

Agradeço a minha família, amigos pelo apoio e meus professores, o LCCV e meu orientador João Paulo Lima Santos pela oportunidade de fazer esta pesquisa.

Referências Bibliográficas

American Petroleum Institute, 1999. Bulletin on Formulas and Calculations for Casing, Tubing Drill Pipe, and Line Pipe Properties 5C3. Washington.

American Petroleum Institute, 2014. API RP 2A-WSD - Recommended Practice for Planning, Designing and Constructing Fixed. Washington.

Gerolymos, N & Gazetas, G., 1996. Development of Winkler model for static and dynamic response of caisson foundations with soil and interface nonlinearities. Soil Dynamics and Earthquake Engineering, vol 26, pp. 363–376.