

9º CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM PETRÓLEO E GÁS



9º CONGRESSO
Brasileiro de P&D em
PETRÓLEO E GÁS

Maceió, AL
de 09 a 11 de novembro
2017

Realização:



ABPG
ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE P&D EM
PETRÓLEO E GÁS



TÍTULO DO TRABALHO:

AVALIAÇÃO DA VIABILIDADE TÉCNICA DE UTILIZAÇÃO DO GÁS VENTILADO PELO ANULAR COMO COMBUSTÍVEL NO BOMBEIO MECÂNICO EM CAMPOS MADUROS

AUTORES:

SILVA, F. S.¹; SIMONELLI, G.²; SANTOS, L. C. L.²

INSTITUIÇÃO:

Engenheiro de Minas (Petróleo), solares.fs@gmail.com, ¹Departamento de Ciência e Tecnologia dos Materiais, Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, ²Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia

Este Trabalho foi preparado para apresentação no 9º Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Petróleo e Gás - 9º PDPETRO, realizado pela Associação Brasileira de P&D em Petróleo e Gás - ABPG, no período de 09 a 11 de novembro de 2017, em Maceió/AL. Esse Trabalho foi selecionado pelo Comitê Científico do evento para apresentação, seguindo as informações contidas no documento submetido pelo(s) autor(es). O conteúdo do Trabalho, como apresentado, não foi revisado pela ABPG. Os organizadores não irão traduzir ou corrigir os textos recebidos. O material conforme, apresentado, não necessariamente reflete as opiniões da Associação Brasileira de P&D em Petróleo e Gás. O(s) autor(es) tem conhecimento e aprovação de que este Trabalho seja publicado nos Anais do 9º PDPETRO.

AVALIAÇÃO DA VIABILIDADE TÉCNICA DE UTILIZAÇÃO DO GÁS VENTILADO PELO ANULAR COMO COMBUSTÍVEL NO BOMBEIO MECÂNICO EM CAMPOS MADUROS

Abstract

To meet the demand for oil products, the oil industry needs electricity to keep its systems functional, from drilling to refining. Therefore, the key role of petroleum engineering is to ensure the operation at these stages, especially the production of oil and gas. Oil concessions located far from the range of supplying utilities suffer daily with oscillations in their electricity grids. Therefore, losses due to energy peaks are common. The present work shows the possibility of energy self-production in wells that use the mechanical pump, proposing the use of the gas ventilated by the annular as fuel for an internal combustion engine, aiming to the continuity of production. For this, a generic well, called SSA-001, was studied, with predefined characteristics and conditions and the gas consumption requested by the chosen engine was determined as well as the gas flow produced by the annular using the OWT measurement method (Orifice Well Tester). In addition, a gas chromatographic analysis was performed. With the results, it was possible to simulate and to prove the technical feasibility of the proposal, showing that it is possible to maintain the availability and the production of the mature wells stable and satisfactory, even with low gas flows in the annular, minimizing the productive losses due to electrical problems.

Introdução

O energético de maior consumo, dentre todos os demandados no país, é a eletricidade (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, 2016). Esta responde por 43,4% do total da demanda energética brasileira. Em segundo lugar tem-se os derivados de petróleo que, em conjunto, atendem 28,5% da demanda energética do país.

Para suprir a demanda por derivados de petróleo, a indústria petrolífera precisa da eletricidade para manter os seus sistemas funcionais, desde a perfuração até o refino. Por isso, garantir o funcionamento destas etapas, em especial a produção de óleo e gás, é o papel fundamental da engenharia de petróleo. Concessões petrolíferas distantes do raio de ação das concessionárias fornecedoras sofrem diariamente com oscilações em suas redes elétricas. Logo é comum ocorrerem perdas por picos energéticos.

Apesar dos sistemas elétricos operarem em regime permanente a maior parte do tempo, eles devem ser projetados para suportar as piores solicitações a que podem ser submetidos (D'AJUZ, 1987).

Recillas (2006) define um transitório elétrico como uma mudança súbita na distribuição de energia de um sistema. Transitórios são causados por alterações nas condições da rede, por exemplo, a abertura ou o fechamento de um interruptor para ligar ou desligar o sistema; falha do equipamento; relâmpago, etc. Embora um transitório aconteça em um curto período de tempo (da ordem de micro a milissegundos) pode causar graves danos ao sistema; é, portanto, um estudo muito importante para o projeto de equipamentos.

Devido as paradas por problemas elétricos causarem perdas na produção do campo, o presente trabalho apresenta a possibilidade de autoprodução energética poço a poço, propondo a utilização do gás ventilado pelo anular como combustível no bombeio mecânico para um motor de combustão

interna, visando a continuidade da produção. O bombeio mecânico, método de elevação mais utilizado no mundo todo, é o mais largamente automatizado e já existe um amplo domínio tecnológico e experiência acumulada nesta área (COSTA, 1995). Segundo Rossi (2008) este método pode ser utilizado para elevar vazões médias de poços rasos.

O poço SSA-001 foi idealizado para ser o objeto de estudo, com características e condições pré-definidas, devido ao sigilo dos dados impostos pelas companhias petrolíferas. Utilizando como base os dados de uma concessão real e seus respectivos poços produtores, o SSA-001 pertence a uma concessão madura e produz através do método do bombeio mecânico. Com isso, determinou-se o consumo de gás solicitado pelo motor escolhido, a vazão do gás produzido pelo anular, utilizando o método de medição OWT (*Orifice Well Tester*), e as características desse gás realizando uma análise cromatográfica, visando analisar a viabilidade técnica da autoprodução energética poço a poço.

Metodologia

Para determinar o consumo de gás solicitado pelo sistema utilizou-se como modelo de estudo um motor qualquer que operasse com gás produzido como combustível. Já a vazão de gás produzida pelo anular foi medida através do método OWT (*Orifice Well Tester*).

O motor do projeto

Fabricado pela empresa argentina Diadema, o motor selecionado foi o KNG-3200E e suas especificações estão descritas na Tabela 1.

Tabela 1 - Especificações do motor KNG-3200E

Fabricante	DIADEMA
Modelo	KNG 3200E
Tipo	Motor a gás natural, horizontal, 4 ciclos.
Nº de cilindros	1
Velocidade	300-1100 RPM
Potência máxima	32 HP
Combustível	Combustíveis Gasosos
Consumo	8700 BTU/HP.h

Fonte: (DIADEMA ENGINE, 2016)

O layout do projeto

O gás que antes era ventilado para a atmosfera, será canalizado seguindo direto para um pequeno separador bifásico para eliminar o máximo da fração líquida presente no gás produzido. Ao entrar no separador, o gás se choca com uma placa defletora e é obrigado a prosseguir por um caminho mais longo até o ponto de saída.

Com a redução da sua energia cinética, as gotículas de líquido presente no gás começam a condensar na placa defletora e se depositam no fundo do separador, até que o limite estabelecido pela chave de nível alto abra a válvula solenoide e drene os fluidos para o ante poço.

Ao sair do separador o gás segue direto para o sistema de redução de pressão presente na entrada do motor. Caso a produção do gás caia devido a problemas no conjunto de subsuperfície, a chave de

pressão baixa – PSL acionará a válvula do cilindro de gás combustível para que o motor funcione, como mostra a Figura 1.

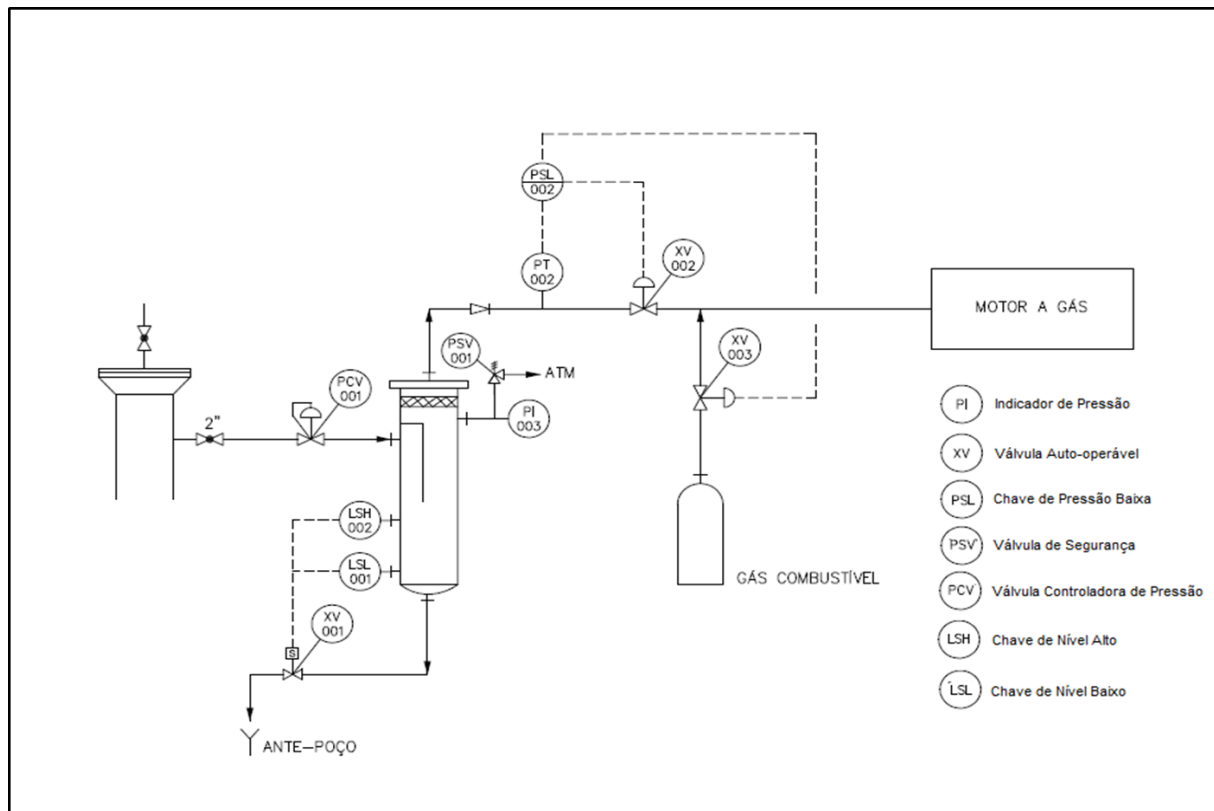


Figura 1 - Layout do projeto

Fonte: Autor

Combustíveis

A característica do combustível utilizado pode ter uma influência considerável no *desing*, na produção, na eficiência, no consumo de combustível e em muitos casos a confiabilidade e a durabilidade do motor (TAYLOR, 1985). Taylor (1985) sustenta que os combustíveis gasosos mais importantes são o gás natural e o gás liquefeito do petróleo.

De acordo com o fabricante, o KNG-3200E funciona com diversos combustíveis gasosos além do gás natural, tais como: butano, propano e GLP. Para o projeto proposto, esses gases só seriam utilizados caso a produção do gás do poço caísse. Logo o sistema de intertravamento acionaria a válvula do cilindro de gás de emergência e manteria o motor funcionando por 24 horas, permitindo a correção da falha.

A Tabela 2 apresenta o poder calorífico dos gases combustíveis sugeridos para o motor.

Tabela 2 - Gases combustíveis

Gás	Poder calorífico
Propano	11065 (Kcal/Kg)
Butano	10919 (Kcal/Kg)
GLP	11139 (Kcal/Kg)

Fonte: (U.S. DEPARTMENT OF ENERGY, 2011)

Cálculo do consumo de gás combustível

Para calcular a quantidade de gás combustível necessária para o motor operar por 24 horas, o gás produzido deve ter vazão necessária para suprir o consumo do motor e um poder calorífico alto para realizar uma queima eficiente e gerar a quantidade de energia suficiente para a operação.

De acordo com as especificações do motor dadas pelo fabricante, o consumo do KNG-3200E é de 8700 BTU/HP.h. Isso significa que em uma hora de operação à um HP de potência ele converte 8700 BTU em trabalho.

Para calcular a quantidade de energia solicitada pelo motor para operar em sua potência máxima, basta utilizar a Equação (1).

$$E = C \left(\frac{BTU}{HP.h} \right) \times P(HP) \quad (1)$$

Onde E é a quantidade de energia solicitada, C é o consumo do motor e P é a sua potência máxima.

Convertendo a energia E encontrada pela Equação (1) em KJ/h e substituindo na Equação (2) tem-se:

$$V = \frac{E \left(\frac{KJ}{h} \right)}{PCI \left(\frac{KJ}{m^3} \right)} \quad (2)$$

Onde V é vazão de gás necessária (m^3/h) e PCI é o poder calorífico inferior do gás produzido.

Como resultado da Equação (2), pode-se obter o volume de gás necessário para manter o motor operando em sua potência máxima por uma hora.

Levantamento dos dados de vazão do gás no anular

Objetivando determinar qual a vazão de gás ventilado pelo anular do poço SSA-001, utilizou-se o método de medição à baixa pressão chamado de OWT.

A medição de vazão por OWT é um método necessário para a quantificação adequada de gás natural quando é produzido em condição de pressão relativamente baixa. Sua simplicidade e boa exatidão para a faixa de vazão que se propõe atender com baixo custo conferem ao OWT uma alternativa para medição de pequenos volumes de gás natural.

O OWT consiste em um tipo de medidor de vazão por placa de orifício, que representa um exemplo clássico de medição com contato físico entre o fluido e o medidor. A placa de orifício é uma restrição que, geralmente, coloca-se em uma tubulação e constitui o elemento primário de um sistema de medição, ou seja, é o primeiro elo da malha de medição.

Somente a pressão estática de entrada da placa pode ser medida e como a descarga do fluido é para atmosfera, a pressão a jusante da placa é a pressão atmosférica no local de medição. A variação de velocidade do fluxo de gás ao passar pelo orifício resulta em uma correspondente variação de pressão no manômetro a montante da placa. A partir desse valor de pressão pode-se calcular a vazão volumétrica do fluido. O sistema de medição utilizando o OWT é composto basicamente do medidor propriamente dito, do manômetro para registro da pressão e do termômetro para registro da temperatura de fluxo. A Figura 2 apresenta o arranjo básico e a composição do sistema de medição utilizando o OWT quando utilizado um manômetro do tipo U de coluna d'água.

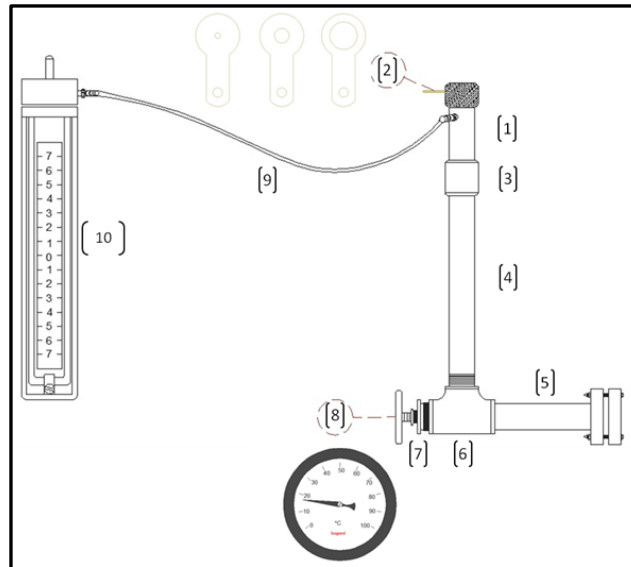


Figura 2 – Arranjo básico do sistema de medição utilizando o OWT

Fonte: Procedimento de medição de vazão cedido pela empresa X

A Tabela 3 descreve os componentes do sistema básico de medição por OWT.

Tabela 3 - Descrição dos componentes do OWT

Nº	Descrição
1	<i>Orifice Well Tester</i>
2	Placas de Orifício
3	Luva
4	<i>Nipple</i> de 2" (Adaptação do medidor)
5	<i>Nipple</i> de 2" (Adaptação do poço)
6	Conexão em Tê
7	Buchas de redução
8	Termômetro tipo hastes
9	Mangueira de silicone
10	Manômetro

Fonte: Procedimento de medição de vazão cedido pela empresa X

Resultados e Discussão

Consumo de combustível

A Tabela 4 elenca todos os dados necessários para a realização dos cálculos de consumo tanto do gás produzido quanto do sistema de gás emergencial.

Tabela 4 - Dados para equação de consumo

Variável	Valor	Unidades
Poder calorífico inferior - PCI do gás produzido ¹	53.297,5	Kj/m ³
PCI do GLP	11.139	Kcal/Kg
Consumo do Motor KNG-3200E	8.700	BTU/HP.h
Potência do Motor KNG-3200E	32	HP
Vazão do gás produzido (OWT)	360,35	Nm ³ /dia

Fonte: Autor

Com os dados da Tabela 4 pode-se determinar quantos BTUs por hora serão necessários quando o motor estiver operando em sua potência máxima:

$$E = 8.700 \left(\frac{BTU}{HP.h} \right) \times 32(HP)$$

Logo, a energia necessária com o motor operando à 32 HP é igual a 278.400 BTU/h ou 293.712 KJ/h. Esse resultado mostra que para manter o motor funcionando por uma hora à 32 HP o combustível deverá converter a sua queima nesta quantidade de energia. De posse deste resultado e utilizando o poder calorífico inferior do gás produzido, pode-se determinar a vazão de gás necessária para gerar a mesma quantidade de energia.

$$V = \frac{293.712 \left(\frac{KJ}{h} \right)}{53.297,5 \left(\frac{KJ}{m^3} \right)}$$

Logo, para produzir a energia necessária para o motor operar à 32 HP serão necessários 5,51 m³/h de gás. Como o padrão de operação da companhia exige que o poço funcione por 24 horas, calcula-se:

$$V = 5,51 \times 24 = 132,3 \text{ m}^3/\text{dia}$$

Desta forma, são necessários 132,3 m³ de gás produzido, para operar o SSA-001 por 24 horas. Considerando o caso emergencial em que o conjunto de subsuperfície falhe e a vazão de gás chegue ao limite operacional, o sistema de automação colocará o cilindro de gás combustível em uso e uma discadora irá enviar um aviso para os responsáveis que o sistema de emergência está ativo.

Como o poder calorífico inferior do GLP é 11.139 Kcal/Kg ou 46.605,6 KJ/Kg, calcula-se que são necessários 151 Kg de GLP, aproximadamente quatro cilindros de 45 kg, para manter o motor operando por 24 horas.

Conclusões

Eliminar os picos de energia e manter a disponibilidade de qualquer poço é fundamental para manter a produção estável e satisfatória. A parada do sistema implica em perdas de produção, problemas com os equipamentos de fundo (deposição de sólidos) e custos operacionais.

O projeto se provou viável tecnicamente, pois o gás ventilado pelo anular do SSA-001 possui a vazão suficiente para manter o motor operando. O teste OWT indicou uma vazão de 360,35 Nm³/d, sendo

¹ O poder calorífico inferior, do gás produzido pelo SSA-001, foi obtido através do relatório das análises de gás produzido, em agosto de 2016, enviado por um laboratório contratado pela companhia que cedeu os dados.

que o motor precisa de 132,3 m³ para funcionar por 24 horas. Logo, o KNG-3200E irá trabalhar apenas com 36,71% do potencial máximo da vazão de gás produzido diariamente, ou seja, bem abaixo das margens de segurança.

Em outros poços, com diferentes vazões de gás, basta escolher o motor com a potência adequada ao funcionamento destes sistemas e utilizar as equações de consumo para determinar se a quantidade de gás produzido por este outro poço consegue manter o tempo de operação solicitado pelo setor responsável da companhia.

Agradecimentos

Silva agradece aos colegas de trabalho pelo apoio necessário, em especial ao Eng. Jaques D'Erasmus, por todos os esclarecimentos e atenção para a confecção do estudo. Agradece, também, a companhia petrolífera X sediada no recôncavo baiano, por ceder os dados operacionais. Os autores agradecem ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química da Universidade Federal da Bahia e a CAPES, pelo apoio à participação no 9º Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Petróleo e Gás.

Referências Bibliográficas

COSTA, R. O. **Bombeamento mecânico alternativo em poços direcionais**. Unicamp. Campinas. 1995.

D'AJUZ, A. **Trasintórios Elétricos e Coordenação de Isolamento**. Niterói: EDUFF, 1987.

DIADEMA ENGINE. **Diadema Engine**, 2016. Disponível em: <http://diademaengine.com/descargas/part_list_kng3200e.pdf>.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Balanco Energético Nacional - BEN**, 2016. Disponível em: <https://ben.epe.gov.br/downloads/S%C3%ADntese%20do%20Relat%C3%B3rio%20Final_2016_Web.pdf>. Acesso em: 20 Agosto 2016.

RECILLAS, A. M. D. P. **Evaluación de sobretensiones por maniobra en la restauración de sistemas de transmisión aplicando um método en el dominio de la frecuencia**. Instituto Politécnico Nacional. Ciudad de México. 2006.

ROSSI, N. C. M. D. **Bombeio Mecânico**. Universidade Corporativa Petrobrás. [S.l.]. 2008.

TAYLOR, C. F. **The Internal - Combustion Engine in Theory and Practice**. 1. ed. Massachusetts: THE M.I.T PRESS, v. II, 1985.

U.S. DEPARTMENT OF ENERGY. KDF. **Bioenergy**, 2011. Disponível em: <<http://info.ornl.gov/sites/publications/Files/Pub33120.pdf>>. Acesso em: 22 Agosto 2016.