

MEDIÇÃO DE PETRÓLEO EM TANQUE – ESTUDO DA INCERTEZA ENVOLVIDA NA DETERMINAÇÃO DO BSW

Navde Rafael Varela dos Santos

Centro Federal de Educação Tecnológica do Rio Grande do Norte – CEFET/RN, Av. Sen. Salgado Filho, 1559. Tirol, Natal-RN, navderafael@hotmail.com

Raimundo Nonato Barbosa Felipe

Centro Federal de Educação Tecnológica do Rio Grande do Norte – CEFET/RN, Av. Sen. Salgado Filho, 1559. Tirol, Natal-RN, nonatofelipe@cefetrn.br

Gilson Gomes de Medeiros

Centro Federal de Educação Tecnológica do Rio Grande do Norte – CEFET/RN, Av. Sen. Salgado Filho, 1559. Tirol, Natal-RN, gilsong@cefetrn.br

Renata Carla Tavares dos Santos Felipe

Centro Federal de Educação Tecnológica do Rio Grande do Norte – CEFET/RN, Av. Sen. Salgado Filho, 1559. Tirol, Natal-RN, rcfelipe@cefetrn.br

Nivaldo Ferreira da Silva Júnior

Centro Federal de Educação Tecnológica do Rio Grande do Norte – CEFET/RN, Av. Sen. Salgado Filho, 1559. Tirol, Natal-RN, nivaldojr@cefetrn.br

Resumo: A existência de acumulações de petróleo depende das características e da combinação de certos tipos de rochas no subsolo. O armazenamento do petróleo no subsolo ocorre, na maioria das vezes, nas rochas-reservatório. Além do petróleo, é comum a coexistência de água nas rochas-reservatório. Dentro da engenharia de produção de petróleo existem algumas relações que são utilizadas como indicadores tanto das características, como dos estágios da vida produtiva dos reservatórios. Os mais utilizados são a “Razão Água-Óleo” (RAO), a “Razão Gás-Óleo” (RGO) e o “Basic Sediments and Water” (BSW). O BSW é a razão entre a vazão de água mais os sedimentos e a vazão total de líquidos mais sedimentos. Considerando-se um determinado intervalo de tempo, o BSW pode ser obtido a partir dos volumes de água e óleo produzidos nesse período de tempo. Geralmente, a determinação do BSW é feita em duas etapas: a primeira, feita no campo, determina o volume de água livre, e o volume de óleo, com água emulsionada, remanescente no tanque; na segunda etapa, feita em laboratório, a água é separada do óleo pelo processo de aquecimento e centrifugação. Nesse sentido, este trabalho visa identificar os fatores que influenciam a incerteza da determinação do BSW durante as duas etapas acima referidas. Foi verificado que estes fatores, quando não levados em consideração, afetam diretamente o volume de petróleo medido.

Palavras Chave: petróleo, medição, incerteza.

1. INTRODUÇÃO

A presença e a combinação de rochas de certas características no subsolo é um fator determinante para a existência de reservas de petróleo em uma dada região. O armazenamento do petróleo no subsolo ocorre, na maioria das vezes, nas chamadas rochas-reservatório, onde, além do óleo, é comum a coexistência de água.

Para indicar e caracterizar os estágios da vida produtiva dos reservatórios, são utilizadas pela engenharia de produção de petróleo alguns parâmetros, entre os quais se destacam a “Razão Gás-Óleo” (RGO), a “Razão Água-Óleo” (RAO) e o “*Basic Sediments and Water*” (BSW).

O BSW, de acordo com Frick et al (1962), é a razão entre a vazão de água mais os sedimentos e a vazão total de líquidos mais sedimentos. Para campos petrolíferos que não produzem sedimentos, o BSW significa o quociente entre a vazão de água e a vazão total de óleo+água, também chamada de vazão bruta. O BSW pode ser obtido a partir dos volumes de água e óleo produzidos em um determinado período de tempo.

Geralmente, a determinação do BSW é feita em duas etapas: a primeira, realizada no campo, determina os volumes, respectivamente, de água livre e de óleo contendo a água emulsionada remanescente no tanque, através da medição do nível de cada uma das fases; na segunda etapa, em laboratório, a água é separada do óleo pelo processo de aquecimento e centrifugação.

É importante ressaltar que a incerteza envolvida no método de medição do BSW tem implicação direta sobre o pagamento dos royalties, que são uma compensação financeira devida ao Estado pelas empresas que exploram e produzem petróleo e gás natural, conforme o “Guia dos royalties do petróleo e gás natural” (2001).

Para se obter um valor verdadeiro de uma medição, faz-se necessário conhecer as incertezas envolvidas durante o processo. A incerteza do resultado de uma medição pode ser avaliada por meios estatísticos ou através da variação dos fatores dos quais depende este resultado (Link, 2000; INMETRO, 2000). Desta maneira, os fatores que influenciam os erros dos valores medidos devem ser conhecidos (Lira, 2001).

Nesse sentido, este trabalho visa identificar os fatores que influenciam a incerteza da determinação do BSW durante as duas etapas acima referidas. Foi verificado que estes fatores, quando não levados em consideração, afetam diretamente o volume de petróleo medido.

2. METODOLOGIA

A metodologia utilizada neste trabalho foi a de simulação de dados para quantificar a influência das duas etapas de determinação do BSW. A seguir, são apresentados os detalhes de como tal simulação foi realizada.

2.1 Determinação do Volume de Água Produzida

Para a determinação do volume de água produzida, foram analisados e comparados possíveis resultados de medição através da trena manual com resolução de 1 mm, ver Fig. (1), como estabelece a portaria INPM nº 33 (1967), com outro instrumento muito empregado para este tipo de medição, que é a régua externa acoplada ao tanque, ver Fig. (2), e, por último, com o radar, ver Fig. (3). O emprego da régua externa e do radar com essa finalidade estão regulamentados, respectivamente, nos itens 8.2.1.3 e 6.1.3 da PANP/INMETRO nº 1 (2000).

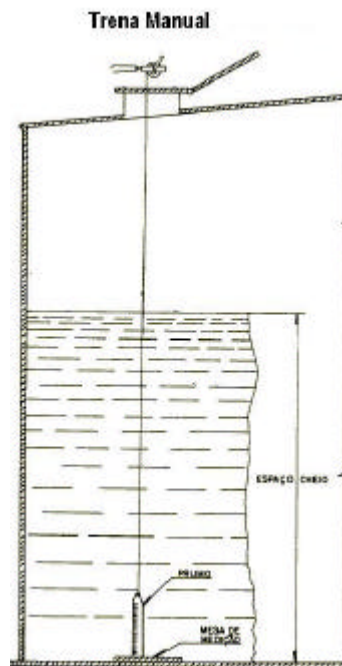


Figura 1. Medição de nível por trena manual, INPM nº33 (1967).



Figura 2. Tanque com medição de nível por régua externa, resolução 50 mm, Santos (2003).



Figura 3. Tanque com medição de nível por radar.

A análise quantitativa da influência da resolução dos instrumentos de medição de nível sobre o volume calculado foi realizada tomando em consideração dois tanques com as dimensões mostradas na Tab. (1), de tal forma que os volumes dos tanques se enquadrassem na condição estabelecida pela PANP/INMETRO nº 1 (2000) para tanques com volumes inferiores a 100 m³.

Tabela 1. Dimensões dos tanques analisados

Identificação do Tanque	Dimensões dos Tanques		
	Diâmetro (m)	Altura (m)	Volume (m ³)
TQ - 01	2,916	3,012	20,115
TQ - 02	4,555	5,993	97,659

2.2 Determinação do BSW

A coleta de amostras de petróleo para fins quantitativos deve seguir todo o procedimento regulamentado na INPM nº 12 (1967). Esta norma estabelece os tipos e procedimentos utilizados para amostragem de petróleo e seus derivados líquidos.

Na amostragem de petróleo e seus derivados, utilizam-se os seguintes tipos de amostras:

- Amostra de Cima – É a amostra colhida a 1 metro abaixo da superfície livre de produto armazenado.
- Amostra do Meio – É a amostra colhida na metade da altura total do produto armazenado.
- Amostra do Fundo – É a amostra colhida na parte inferior do produto armazenado, a 1 metro do fundo do tanque.
- Amostra Combinada – É a resultante da mistura em partes iguais dos volumes da amostras colhidas em um tanque.
- Amostra Composta – É a resultante da mistura de amostras individuais de dois ou mais tanques proporcionais aos volumes contidos em cada um deles.

Foram analisados e comparados possíveis resultados de BSW, através do tubo para centrifugação, como estabelece a NBR 14647 (2001), ver Fig. (4).

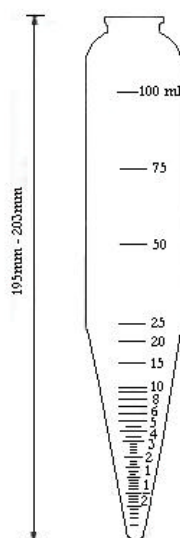


Figura 4. Tubo para centrifugação de 203 mm.

A análise quantitativa da influência da resolução do instrumento utilizado no processo de centrifugação sobre o valor do BSW foi realizada tomando em consideração três amostras combinadas, cujos valores de BSW são mostrados na Tab. (2), correspondentes a teores característicos do petróleo produzido na bacia potiguar.

Tabela 2. Valores de BSW das amostras analisadas

Amostra em Análise	BSW
Amostra – 01	3,2 %
Amostra – 02	12 %
Amostra – 03	40 %

3. RESULTADOS

A partir da análise dos instrumentos utilizados para medição de nível de petróleo em tanque, constatou-se que a régua externa com resolução de 50 mm, apresentada na Fig. (2), não atende os requisitos da portaria INPM nº 33 (1967), que trata do procedimento para a medição da altura de produtos de petróleo armazenados em tanques, e estabelece a trena manual com graduação em milímetros e resolução de 1 mm como instrumento básico de medição. Por outro lado, a PANP/INMETRO nº1 (2000) torna possível a utilização de tal instrumento para medição de volumes inferiores a 100 m³; contudo, estabelece no item 8.2.1.3 que a régua externa deve oferecer um erro máximo de ± 20 mm, incluindo os erros de leitura devidos à posição do observador. Isso não ocorre com a régua analisada, pois a mesma tem uma resolução de 50 mm, o que gera uma incerteza de no mínimo ± 25 mm, considerando que a posição de observação do operador é muito incerta, vindo a acarretar erro de paralaxe, definido como erro grosseiro (Santos, 2003).

Outro ponto a ser destacado refere-se ao procedimento de medição que está descrito na portaria INPM nº 33 (1967), no seu item 5, que descreve todo o método de medição e procedimentos, tornando polêmico o uso da régua externa, já que não pode ser cumprido todo o requisito descrito na portaria.

Com relação ao radar, é importante ressaltar que este instrumento de medição de nível, se comparado com os outros dois apresentados anteriormente, apresenta uma baixa incerteza; entretanto, a escolha deste instrumento nem sempre é a mais adequada, tendo em vista o seu custo relativamente alto.

Considerando as dimensões apresentadas na Tab. (1), foram constatados os seguintes resultados, mostrados abaixo:

Tabela 3. Influência do instrumento de medição de nível sobre a incerteza da medição do volume de água produzida

Tanque Em Análise	Régua Externa		Trena Manual		Radar
	Menor valor a ser medido (m ³)	Incerteza em 1 m ³ (%)	Menor valor a ser medido (m ³)	Incerteza em 1 m ³ (%)	Incerteza em 1 m ³ (%)
TQ – 01	0,334	$\pm 16,7$	0,007	$\pm 0,35$	$< 0,001$
TQ – 02	0,815	$\pm 40,7$	0,016	$\pm 0,80$	$< 0,001$

O cumprimento da INPM nº 12 (1967) garante que a coleta da amostra, representa de forma fiel as verdadeiras características do petróleo armazenado no tanque.

Com relação ao procedimento de determinação do BSW que está descrito na NBR 14647 (2001), o seu item 7, que descreve todo o método de centrifugação e procedimentos, torna esta determinação bastante vulnerável ao erro grosseiro.

Outro ponto a ser destacado refere-se à análise do instrumento utilizado para a determinação do BSW, onde se constatou que a incerteza nesta medição depende dos valores de água e sedimentos na amostra de petróleo que será medida, tendo em vista que a resolução do instrumento não é constante.

Considerando os valores de BSW apresentados na Tab. (2), foram observados os seguintes resultados:

Tabela 4. Influência da resolução do instrumento sobre a incerteza da medição do BSW.

Amostra em Análise	BSW	Incerteza
Amostra – 01	3,2 %	$\pm 0,25$ %
Amostra – 02	12 %	$\pm 2,5$ %
Amostra – 03	40 %	$\pm 12,5$ %

Podemos constatar, com estas análises, que a escolha do instrumento a ser utilizado para medição do BSW deverá ser específica para cada perfil de produção, observando os valores de BSW que serão medidos para evitar tão grandes incertezas como estas relatadas.

4. CONCLUSÃO

Neste trabalho, evidenciou-se que a incerteza da medição do volume de água produzida em tanque é fortemente influenciada pelo tipo de instrumento escolhido para medição de nível e pelo formato do tanque. Em nossos estudos, esses dois fatores geraram erros de até $\pm 40\%$, para um volume de 1 m^3 , quando for utilizada a régua externa. Para diminuir este erro, tanto a escolha do instrumento a ser utilizado como as dimensões dos tanques deverão ser específicas para cada perfil de produção. Isto minimizará as incertezas envolvidas no processo de determinação do volume de água produzida (Santos, 2003).

Por outro lado, o descumprimento da INPM nº 12 (1967) acarreta em erros que irão influenciar diretamente a incerteza da medição do BSW, tendo em vista que o cumprimento de todo o procedimento descrito nesta portaria garante resultados acurados e completos.

No outro ponto estudado, percebeu-se que a incerteza na medição do BSW chegou a até $\pm 12,5\%$, para a amostra – 03, conforme Tab. (4). A escolha do instrumento a ser utilizado no método de centrifugação deverá também ser específica para cada perfil de produção, observando-se os valores de BSW que serão medidos. Isto diminuirá de forma significativa as incertezas envolvidas no processo de determinação do BSW.

Portanto, a não observância dos fatores analisados gera erros que influenciarão diretamente a incerteza da medição do BSW de petróleo em tanque.

5. AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi realizado como parte do projeto de pesquisa “Incerteza na Medição de Petróleo e Gás Natural”, participante da Rede de Instrumentação e Controle. Os autores agradecem à Finep, pelo apoio financeiro, à ANP, pela disponibilização de dados, e ao CNPq, pela bolsa concedida ao estudante N. R. V. dos Santos, o que foi essencial para realização desse trabalho.

6. REFERÊNCIAS

- ANP, 2001, “Guia dos royalties do petróleo e gás natural”, Rio de Janeiro - RJ, Brasil, Agência Nacional do Petróleo.
- ANP/INMETRO, 2000 “Regulamento técnico da medição de petróleo e gás natural”, Portaria Conjunta nº 01.
- Frick, T. C., Taylor, R. W., 1962, “Petroleum Production Handbook”. Vol 1..
- INMETRO, 2000, “Vocabulário internacional de termos fundamentais e gerais de metrologia”, Brasília - DF, Brasil, SENAI/DN.
- INPM nº 12, 1967, “Normas para amostragem de petróleo e derivados líquidos, para fins quantitativos”.
- INPM nº 33, 1967 “Normas para medição da altura de produtos de petróleo armazenados em tanques”.
- Link, W., 2000, “Metrologia mecânica: expressão da incerteza de medição”, São Paulo - SP, Brasil, INMETRO, IPT, Mitutoyo, SBM, EMIC.
- Lira, F. A., 2001, “Metrologia na indústria”, Érica, São Paulo - SP, Brasil.
- NBR 14647, 2001, “Produtos de petróleo – determinação da água e sedimentos em petróleo e óleos combustíveis pelo método de centrifugação”.
- Santos, N. R. V., Medeiros, G. G., Júnior, N. F. S., Felipe, R. N. B., Felipe, R. C. T. S., 2003, “Influência dos Parâmetros de Medição Sobre as Incertezas Envolvidas na Determinação de Volume de Petróleo em Tanque”. Artigo publicado no III Congresso Brasileiro de Metrologia, Recife - PE, Brasil.

MEASUREMENT OF PETROLEUM IN TANK – STUDY OF THE INVOLVED UNCERTAINTY IN THE DETERMINATION OF THE BSW

Navde Rafael Varela dos Santos

Centro Federal de Educação Tecnológica do Rio Grande do Norte – CEFET/RN, Av. Sen. Salgado Filho, 1559. Tirol, Natal-RN, navderafael@hotmail.com

Raimundo Nonato Barbosa Felipe

Centro Federal de Educação Tecnológica do Rio Grande do Norte – CEFET/RN, Av. Sen. Salgado Filho, 1559. Tirol, Natal-RN, nonatofelipe@cefetrn.br

Gilson Gomes de Medeiros

Centro Federal de Educação Tecnológica do Rio Grande do Norte – CEFET/RN, Av. Sen. Salgado Filho, 1559. Tirol, Natal-RN, gilsong@cefetrn.br

Renata Carla Tavares dos Santos Felipe

Centro Federal de Educação Tecnológica do Rio Grande do Norte – CEFET/RN, Av. Sen. Salgado Filho, 1559. Tirol, Natal-RN, rcfelipe@cefetrn.br

Nivaldo Ferreira da Silva Júnior

Centro Federal de Educação Tecnológica do Rio Grande do Norte – CEFET/RN, Av. Sen. Salgado Filho, 1559. Tirol, Natal-RN, nivaldojr@cefetrn.br

Abstract. *The existence of petroleum reservations in the underground depends on the characteristics and the combination of certain types of rocks. The storage of the petroleum in the underground happens, most of the time, in the rock-reservoir, commonly in coexistence with water. Some relationships are used by the petroleum production engineers as indicators so much of the characteristics, as of the stages of the productive life of the reservoirs. The more used are the "Water-Oil Ratio" (WOR), the "Gas-Oil Ratio" (GOR) and "Basic Sediments and Water" (BSW). BSW is the ratio among the flow of water plus sediments and the total flow of liquids plus sediments. BSW can be obtained from the volumes of water and oil produced in a certain period of time, and usually this determination is made in two steps: the first occurs in the production field by the determination of the volumes of free water and the oil with emulsified water in the tank; in the second step, at laboratory, the water is separate from the oil for the heating and centrifugation. This work has the purpose of identify the factors that influence the uncertainty of the BSW determination during the two steps above referred. It was verified that these factors affect directly the volume of measured petroleum when no taken into account.*

Keywords. *petroleum, measurement, uncertainty*