

ESTUDO DE ÁGUA PRODUZIDA EM POÇO DE EXPLORAÇÃO DE PETRÓLEO DO RECÔNCAVO DA BAHIA

Ivane Marcley Nascimento Sena⁽¹⁾

Mestranda em Recursos Hídricos pela Universidade Federal de Sergipe. e-mail: ivanemnsena@gmail.com

Selma Cristina da Silva⁽²⁾

Professora adjunto da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia. e-mail: selmacetec@yahoo.com.br

Poliana Brandão Machado⁽³⁾

Graduada em Engenharia Sanitária e Ambiental. e-mail: poliana.ufrb@gmail.com

RESUMO

Na exploração de petróleo é gerada a chamada água produzida, caracterizada como água residuária por conter em sua composição alta salinidade, partículas de óleo em suspensão, produtos químicos adicionados ao longo do processo de exploração, metais pesados e, esporadicamente, radioatividade. Este trabalho buscou avaliar a qualidade da água produzida em poço de exploração de petróleo em terra (*onshore*). Para atingir esse objetivo foram realizadas as seguintes etapas: uma revisão de literatura sobre o assunto, reconhecimento *in loco* de uma área utilizada para exploração do petróleo, coleta e análise da qualidade da água produzida em um poço de exploração de petróleo “*onshore*”. Verificou-se que a empresa visitada faz a separação do óleo da água utilizando um separado de água e óleo e após a água passar por um filtro de espuma é reinjetada através do poço de injeção. Foi possível observar que o volume da água produzida durante a exploração do óleo é muito elevado e a qualidade é insatisfatória para determinados usos, necessitando de um tratamento prévio. Na maioria dos casos a água injetada proporciona a recuperação secundária, porém, apesar de sua característica qualitativa, ela tem potencial para irrigação de determinadas culturas semi-tolerantes a elevada salinidade.

PALAVRAS-CHAVE: Água produzida, Qualidade da água, Exploração de petróleo.

INTRODUÇÃO

A água, um dos principais recursos naturais, é indispensável à vida e um elemento fundamental em vários processos produtivos, inclusive na exploração do petróleo, quando se utiliza o método de recuperação secundária. Este método é uma suplementação da energia natural do reservatório objetivando uma maior produção do hidrocarboneto.

Durante a exploração é gerado uma determinada quantidade de água com elevada salinidade, chamada de água produzida. Essa água é caracterizada como água residuária por conter em sua composição além da alta salinidade, partículas de óleo em suspensão, produtos químicos adicionados nos diversos processos de produção, metais pesados e, esporadicamente, radioatividade. Assim, essas águas necessitam de um tratamento antes de serem descartadas ou reutilizadas. Nas últimas décadas, os órgãos ambientais têm se manifestado contra o descarte das águas produzidas tanto nos oceanos como em terra, visando à preservação do meio ambiente. Portanto, se tem estabelecido critérios rígidos em relação ao teor de óleo, presença de metais pesados e de certos produtos químicos. Por esse motivo, observa-se forte tendência em injetar água produzida nos poços tanto para descarte como para recuperação secundária, pois, em várias situações, as especificações exigidas para tal têm sido menos severas do que seu descarte no meio ambiente.

Devido à característica da água produzida é necessário um tratamento prévio até mesmo antes da sua injeção em poços, de forma a proteger as características da água subterrânea e das condições físicas do solo, e, também, de forma a manter a sustentabilidade dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos.

Sendo assim, torna-se importante avaliar a qualidade da água produzida nos campos de exploração de petróleo a fim de estabelecer a melhor técnica de tratamento, antes do seu descarte em poços de injeção ou em corpos d'água e também de sua reutilização para outros fins além da recuperação secundária.

OBJETIVO

Avaliar a qualidade da água produzida em um poço de exploração de petróleo em terra (*onshore*).

METODOLOGIA UTILIZADA

A pesquisa consiste no tipo exploratório e documental mediante um estudo de caso. Procedeu-se uma revisão bibliográfica e foram realizadas visitas “*in loco*”. O poço utilizado como estudo de caso foi selecionado mediante disponibilidade de uma empresa localizada no Recôncavo da Bahia para cooperação em pesquisa.

A coleta da água produzida foi realizada diretamente no campo produtor em vasilhames plásticos. As amostras foram devidamente refrigeradas e transportadas para os laboratórios do CETIND - Centro de Tecnologia Industrial Pedro Ribeiro e da UFRB. Os parâmetros analisados no laboratório da UFRB foram, pH, condutividade elétrica, alcalinidade a carbonato e alcalinidade a bicarbonato e as analisadas no laboratório do CETIND foram: chumbo, mercúrio, zinco, níquel, óleos e graxas, cloreto, sódio, sólidos em suspensão, salinidade, potássio. A empresa administradora do poço estudado, também forneceu resultados de alguns parâmetros analisados.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Característica qualitativa da água do poço de injeção visitado

Em 2014 foram realizadas análises de salinidade da água e do percentual de água e sedimentos nos dois poços produtores (**Tabela 1 e 2**). Foi observada uma elevada salinidade e um BSW Total - Basic Sediments and Water (Sedimentos básicos e água) em ambos os poços superior, respectivamente, a 160.000 mg/L e 70%, sendo requisitado um tratamento preliminar já que, se almejava, um BSW menor e/ou igual a 1% na condição emulsificada e não livre, e a salinidade abaixo de 350 mg.L⁻¹.

Tabela 1. Resultados da análise do óleo cru no poço 01, em 01/14 (Empresa administradora do poço).

Ensaio	Unidade	Resultado
Sedimentos básicos e água (BSW total)	(%)	70,0
Salinidade na água	(mg.L ⁻¹ de NaCl)	164.970,0

Tabela 2. Resultados da análise do óleo cru no poço 02, em 01/14 (Empresa administradora do poço).

Ensaio	Unidade	Resultado
Água livre	(%)	71,2
Sedimentos	(%)	0,0
Água Emulsificada	(%)	2,1
Água e sedimentos (BSW total)	(%)	73,3
Salinidade na água produzida	(mg.L ⁻¹ NaCl)	231.782,35

Obs: A análise do BSW é feita levando em consideração a água livre quando houver.

Pode-se verificar que o óleo retirado do poço 02 apresentava elevada quantidade de água livre, ou seja, 71,2% (**Tabela 2**), evidenciando, a geração do grande volume de água produzida na exploração de petróleo. Além desse elevado percentual de água livre, ainda haviam 2,1% de água emulsificada (ligada ao óleo). Esta água é separada do óleo para garantir o BSW almejado e anteriormente citado.

Análise da água produzida coletada

Nota-se que o pH da água está em torno de 5 (**Tabela 3**) considerado um pH ácido, valor que corrobora com o pH geralmente encontrado nas águas produzidas que varia de 4,3 a 10 (Tibbetts *et al.*, 1992).

Uma elevada alcalinidade na água produzida utilizada para reinjeção pode gerar corrosão e incrustações nas tubulações dos equipamentos utilizados. A água apresentava alcalinidade total de 51,87 mg de $\text{CaCO}_3 \cdot \text{L}^{-1}$, representada somente por alcalinidade a bicarbonato (Tabela 3). Andrade (2009), encontrou valores desse tipo de alcalinidade bem superiores a estes, variando entre 150 e 1232 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$. Com relação a Alcalinidade por Hidróxido, o mesmo também encontrou valores próximos a zero. A condutividade elétrica (CE) na amostra do poço estudado era de 749,1 $\text{mS} \cdot \text{cm}^{-1}$. Esse valor está dentro do esperado para águas produzidas, uma vez que esta possui alta concentração de íons que confere elevada salinidade da água.

Tabela 3. Resultados médio das análises realizadas na UFRB.

Amostra	pH	CE (mS/cm)	Alcalinidade total (CaCO ₃ mg/L)	Alcalinidade de hidróxido (CaCO ₃ mg/L)	Alcalinidade carbonato (CaCO ₃ mg/L)	Alcalinidade de bicarbonato (CaCO ₃ mg/L)
Média	5	749,1	51,87	0	0	51,85

A **Tabela 4**, contém os resultados das análises realizadas no CETIND e faz uma correlação da água produzida na exploração de petróleo com os limites estabelecidos para água subterrânea, utilizando a Resolução CONAMA 396/08 que dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrânea e os limites recomendados pela *Fourth Guidelines* da Organização Mundial da Saúde (OMS), que são orientações da mesma para a qualidade da água potável, uma vez que caso a água venha a ser injetada almejando a recuperação secundária, esta poderá afetar a qualidade da água subterrânea, bem como deve-se ter o conhecimento do enquadramento dessa água para outros possíveis usos, como irrigação e recreação.

Tabela 4. Resultados das análises realizadas no CETIND (Adaptado de Almeida, 2012).

Parâmetros	Fourth Guidelines (OMS)	VMP Res CONAMA Nº 396/08 (Valores em $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)					Resultados e sua conformidade com a legislação			
		Usos Preponderantes da Água				LQP Praticável	Resultado	Unid.	LQ	Conforme
		Consumo Humano	Dessedentação de animais	Irrigação	Recreação					
Chumbo	0.01 $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$	0,010	0,100	5	0,050	0,010	0,029	$\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	0,003/0,002	Não Conforme
Cloreto	250 $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$	250		100-700	400	2	101.000	$\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	0,03/0,01	Não Conforme
Mercúrio	0.006 $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$	0,001	0,010	0,002	0,001	0,001	<0,0002	$\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	0,0002/0,0007	Abaixo LDM
Níquel	0.07 $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$	0,020	1	0,200	0,100	0,010	0,06	$\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	0,01/0,0035	Não Conforme
Potássio (K) total							264	$\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	1,0/0,25	
Salinidade							171	‰	0,1/0,1	Não Conforme
Sódio	200 $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$	200			300	1	41.400	$\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	1,0/0,40	Não Conforme
Sólidos em suspensão							1750	$\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	2,5/2,5	
Zinco	Sem preocupação nos níveis encontrados	5	24	2	5	0,100	0,63	$\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	0,04/0,01	Conforme
Óleos e graxas							<10	$\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	10/out	Abaixo LDM

OBS: LQP - Limites de quantificação praticáveis; VMP - Valores Máximos Permitidos; LQ – Limite de quantificação

Analisando os dados da **Tabela 4** nota-se que os parâmetros chumbo, cloreto e sódio estão em desacordo com o que determina o *Fourth Guidelines*. Em relação aos limites estabelecidos pelo CONAMA nº 396/08, os parâmetros chumbo, cloreto, níquel e sódio estão acima dos limites estabelecidos para abastecimento humano. O único parâmetro que está acima do limite estabelecido para dessedentação animal é o chumbo, já para irrigação o uso é restringido em função da elevada concentração de cloreto. No caso do uso em recreação, deve ocorrer a adequação dos parâmetros cloreto e sódio.

Nota-se que água produzida pelo poço é salina, apresentando salinidade de 171‰, bastante superior ao limite estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/05 que classifica as águas superficiais quanto ao teor de sais como salina quando apresenta salinidade igual ou superior a 30 ‰. Esta alta salinidade pode ser atribuída a elevada concentração de cloreto, 101000 mg.L⁻¹ e Sódio 41400 mg.L⁻¹. A salinidade da água também é bastante superior à da água do mar, que é de 35‰. Ocorre também, a existência de elevada concentração de sólidos suspensos, na ordem de 1750 mg.L⁻¹.

Em relação ao teor de óleos e graxas, a concentração foi inferior ao limite de quantificação da técnica, que é de 10 mg.L⁻¹. Esse valor tende a aumentar com a maturação da jazida. Para reinjeção em poços de petróleo, a água deverá ter no máximo 5 mg.L⁻¹ de Teor de TOG - Óleos e Graxas (Cerqueira, 2014).

A concentração de mercúrio estava abaixo do limite de detecção da técnica que é < 0,0002 mg.L⁻¹, porém, pode-se afirmar que está dentro dos limites para todos os usos estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 396/08 e pela *Fourth Guidelines da OMS*. A concentração de chumbo foi de 0,29 mg.L⁻¹, logo, encontrava-se aceitável para irrigação.

A concentração de níquel foi de 0,06 mg.L⁻¹, abaixo da média para águas produzidas que, segundo Stephenson (1991), é de 0,192 mg.L⁻¹. Para o mesmo autor, a concentração média de Zinco é de 0,170 mg.L⁻¹, valor acima do detectado, que foi de 0,63 mg.L⁻¹, e muito abaixo do valor máximo que é de 1,6 mg.L⁻¹.

CONCLUSÕES

Entre os parâmetros analisados pode-se verificar que a maioria está de acordo com as características encontradas na literatura para águas produzidas, e alguns destes, como o chumbo, o cloreto, o níquel e o sódio apresentaram valores em desacordo com o que determina a Resolução CONAMA 396/08 que versa sobre características qualitativas da água subterrânea. Essa variação na qualidade da água produzida se deve ao fato, de que a sua característica, depende da formação geológica, do tempo de exploração do poço e do hidrocarboneto extraído. Notou-se também que a água de produção possui salinidade elevada, superior inclusive a da água do mar, isso é uma característica intrínseca da água produzida. Portanto, antes de injetar a água produzida, seja para fins de recuperação secundária ou para o descarte, seria necessário realizar um tratamento capaz de devolver uma água com qualidade que possa reabastecer o lençol subterrâneo.

Como destinação da água produzida, o reuso da mesma após tratamento, para recuperação secundária em campos de petróleo é a opção mais usual, sendo uma alternativa bastante utilizada nos campos de produção *onshore*. Contudo, é necessário realizar um tratamento nessa água antes da injeção para evitar eventuais problemas a partir de impurezas contidas nessa água, a exemplo dos resíduos de óleo e sólidos em suspensão que podem levar a uma diminuição da porosidade da rocha, já que, o campo de exploração do petróleo se encontra em uma bacia sedimentar.

Existem várias técnicas de tratamento que podem ser utilizadas dependendo do objetivo ao qual se pretende alcançar. É mais comum o uso de mais de uma técnica para adequar a água a uma qualidade desejada. Para a remoção dos óleos e graxas, que deve ser a primeira etapa do processo, podem ser utilizadas as técnicas de eletroflotação, filtração em campo ultrassônico, separador de água e óleo entre outros. Já para a remoção de sais pode ser empregada, destilação, osmose reversa, precipitação, entre outras.

Com base na revisão de literatura, pode-se perceber que outra opção de reutilização da água produzida é na irrigação de determinadas culturas. Embora a salinidade da água seja elevada, existem culturas semi tolerantes a tal salinidade, a exemplo do milho, melão, trigo, ervilha, cebola, girassol, aveia, arroz que podem ser irrigadas com esse tipo de água sem causar danos ao seu desenvolvimento. Algumas dessas culturas como: milho e girassol são utilizadas para a produção do biodiesel. Quando se considera os frutos ou grãos produzidos para consumo humano, é necessário aprofundar as pesquisas a fim de observar se existem ou não restrições.

O reuso da água produzida na exploração de petróleo agrega as vantagens de aumentar a produção de petróleo em poços e de alimentar o lençol subterrâneo. Mas, uma parte dessas águas podem ser utilizadas para irrigação de culturas semi tolerantes a elevada salinidade. Portanto, deve ser realizada uma análise de custo-benefício de modo a verificar se a reutilização na reinjeção é mais viável do que a reutilização na irrigação de culturas.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, R. A. S. de. *Índice de Qualidade de Uso da Água Subterrânea (e- IQUAS): Uma Metodologia de Modelagem Numérica Flexível*. 2012. 164p. Tese (doutorado) - Universidade Federal da Bahia. Salvador.

ANDRADE, V. T. de. *Avaliação da toxicidade de água produzida tratada por processo evaporativo com a finalidade de reúso em solo*. 2009. 164p. Tese (doutorado) - Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro.

BRASIL. **Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 396 de 3 de abril de 2008**. “Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento

CERQUEIRA, A. A.; SOUZA, P. S. A.; SOUZA, D. B.; MARQUES, M. R. C. Tratamento eletrolítico da água de produção da indústria de petróleo: Sustentabilidade ambiental e pensamento complexo. *Revista Virtual de Química*, v.6, n.2, p. 235-243, 2014.

STEPHENSON, M. T. Componentes of produced water: A compilation of results from several industry studies. *SPE*, n.23313, p. 25-38. 1991.

TIBBETTS, P.J.C.; BUCHANAN, I.T.; GAWEL, L.J.; LARGE, R. A comprehensive determination of produced water composition. In: Ray, J.P. & Engelhardt, F.R. (ed.). *Produced water: technological/ environmental issues and solutions*. New York: Plenum Publishing Corp., 1992. p. 97-113.