

**ELIMINAÇÃO DE CAPTAÇÃO DE AQUÍFERO VIA REÚSO DA ÁGUA  
PRODUZIDA PARA FINS DE GERAÇÃO DE VAPOR NO CAMPO DE  
FAZENDA BELÉM**

Oswaldo de Aquino Pereira Jr. <sup>1</sup>; Ana Maria Travalloni <sup>2</sup>; Jailton Ferreira do Nascimento <sup>3</sup>; Marcel Vasconcelos Melo <sup>4</sup> & Lino Antônio Duarte dos Santos <sup>5</sup>

**Resumo** – Este trabalho se propõe a apresentar um exemplo de iniciativa já implementada visando o reúso de água produzida na PETROBRAS: o reúso de água produzida no Campo de Fazenda Belém (Ceará) visando geração de vapor para recuperação terciária de petróleo. Neste caso em específico, o reúso da água produzida eliminou o consumo de água do aquífero Açú - precioso reservatório local que abastece o semi-árido brasileiro, podendo futuramente ser completamente disponibilizado para comunidades locais.

**Abstract** – The aim of this work is to present an already implemented produced water reuse initiative in PETROBRAS: the produced water reuse for steam generation aiming tertiary oil recovery in Fazenda Belém field (Ceará). Due to this reuse initiative, it was possible to eliminate the Açú Aquifer consumption, which is a precious water reservoir in the Brazilian semi-arid. As consequence, this aquifer now can be completely used for the local communities supplying.

**Palavras-Chave** – Aquífero, Água Produzida, Reúso.

## **1 - INTRODUÇÃO**

A prevista escassez de água no mundo já foi bem diagnosticada, configurando-se como um dos grandes desafios do século XXI e aponta para a necessidade de sua reutilização, principalmente na ótica da possibilidade de um desenvolvimento sustentável. Do ponto de vista industrial, duas outras questões, relacionados à utilização de água também devem ser consideradas: o custo deste insumo e do seu tratamento até atingir as especificações de cada unidade industrial e o volume de efluentes gerado, que implica em custo adicional de descarte e/ou tratamento. A tendência atual das

<sup>1</sup> Centro de Pesquisas e Desenvolvimento da PETROBRAS - CENPES, oswaldo@petrobras.com.br, Tel.: 21-3865-6783; Fax.: 21 - 3865-4537

<sup>2</sup> Centro de Pesquisas e Desenvolvimento da PETROBRAS - CENPES, anatravalloni@petrobras.com.br, Tel.: 21-3865-4274; Fax.: 21 - 3865-6555

<sup>3</sup> Centro de Pesquisas e Desenvolvimento da PETROBRAS - CENPES, jfer@petrobras.com.br, Tel.: 21-3865-4274; Fax.: 21 - 3865-4179

<sup>4</sup> Centro de Pesquisas e Desenvolvimento da PETROBRAS - CENPES, mvmelo@petrobras.com.br, Tel.: 21-3865-4274; Fax.: 21 - 3865-4537

<sup>5</sup> Centro de Pesquisas e Desenvolvimento da PETROBRAS - CENPES, linod@petrobras.com.br, Tel.: 21-3865-7139; Fax.: 21 - 3865-4537

agências reguladoras é que a captação de águas e seu descarte sejam cobrados, aumentando desta forma os custos industriais.

Além disso, no tocante à indústria do petróleo, o reúso de água produzida se torna cada vez mais importante na medida em que os campos de petróleo atingem sua meia-vida ou maturidade de produção. Neste momento, quando a geração de água associada ao petróleo aumenta consideravelmente, podendo até reduzir drasticamente o fator de sustentabilidade do campo. Adicionalmente, os processos industriais tendem a demandar uma quantidade cada vez maior de água, o que pode afetar significativamente o ambiente local. Associado a isso, a escassez de água especialmente no semi-árido nordestino, torna seu reúso um fator de alta prioridade e atratividade.

Em função destes crescentes desafios, pesquisadores do Centro de Pesquisas da PETROBRAS (CENPES) e técnicos da Unidade de Negócios Rio Grande do Norte / Ceará (UN-RNCE) se engajaram em diversas ações visando o reúso de água produzida, bem como no estudo e acúmulo de conhecimento relativo a tecnologias e práticas de tratamento e reúso deste efluente.

Este trabalho se propõe a apresentar um exemplo de iniciativa já implementada visando o reúso de água produzida na PETROBRAS: o reúso de água produzida no Campo de Fazenda Belém (Ceará) visando geração de vapor para recuperação terciária de petróleo. Neste caso em específico, o reúso da água produzida eliminou o consumo de água do aquífero Açú - precioso reservatório local que abastece o semi-árido brasileiro, podendo futuramente ser completamente disponibilizado para comunidades locais.

## **2 - PROPOSTA DE REÚSO DE ÁGUA PRODUZIDA**

Em 2004, uma equipe de trabalho multidisciplinar da PETROBRAS foi formada para atender solicitação da Gerência Executiva do E&P-NNE, quanto à perda de produção do Campo de Fazenda Belém em função do grande volume de água produzida extraída na época. Além disso, todo o vapor gerado nesta unidade (2.000 m<sup>3</sup>/d para recuperação terciária de petróleo) era advindo da captação de uma água de boa qualidade, do Aquífero Açú.

A equipe propôs o reúso da água produzida na própria produção de petróleo em substituição à água do aquífero Açú, diminuindo a dureza da água via abrandamento químico e através de alterações nos processos de coagulação/floculação/flotação. Estas implementações foram realizadas na Estação de Tratamento de Efluentes (ETE), deixando a água produzida própria à geração de vapor, após passagem pelo polimento final na Unidade de Tratamento de Água (UTA). A proposta

incluiu, entre outras coisas, o abrandamento químico via adição de soda cáustica e separação do lodo gerado através do processo convencional de flotação. A intervenção não poderia ter sido mais bem sucedida: o reúso da água produzida permitiu diminuir o consumo de água do aquífero Açú - precioso reservatório que abastece o semi-árido brasileiro. Esta adaptação no processo permitiu que inicialmente 500 m<sup>3</sup>/d de água produzida fossem usados para geração de vapor (utilizando um dos geradores locais), evitando a captação desta mesma vazão do aquífero Açú. O sucesso deste projeto de reúso para geração de vapor (inérito e pioneiro na PETROBRAS), além de contribuir para a continuidade da produção no Campo de Fazenda Belém no Ceará, já eliminou a necessidade de aproveitamento da água do Aquífero Açú para a recuperação avançada de petróleo do Campo, podendo então ser completamente disponibilizada para comunidades locais.

### 3 - RESULTADOS

Após a implementação da proposta, resultados de campo indicam que a qualidade da água que entra na UTA (proveniente da ETE), em relação à dureza (Ca<sup>2+</sup> e Mg<sup>2+</sup>), está melhor do que a água captada no aquífero, como observado na Tabela 1. Maiores detalhes podem ser visualizados no gráfico ilustrado na figura 1.

Tabela 1. Comparativo entre os valores de dureza da água produzida após ETE com a água captada.

Ambas a montante da UTA.

|              | Água captada | Água produzida após ETE |
|--------------|--------------|-------------------------|
| Valor Médio  | 25 ppm       | 12 ppm                  |
| Valor Máximo | 25 ppm       | 69 ppm                  |
| Valor Mínimo | 25 ppm       | 1 ppm                   |

Em termos operacionais, vale a pena destacar que o período de regeneração das resinas na UTA está semelhante ao sistema que utiliza água captada (4 a 6 dias), não constatando problemas de sobrecarga neste equipamento. Não houve alteração também em relação à manutenção periódica do Gerador de Vapor, já que não foi constatado nenhum dano devido à utilização de água produzida neste equipamento. O cronograma de manutenções preventivas usual foi mantido.

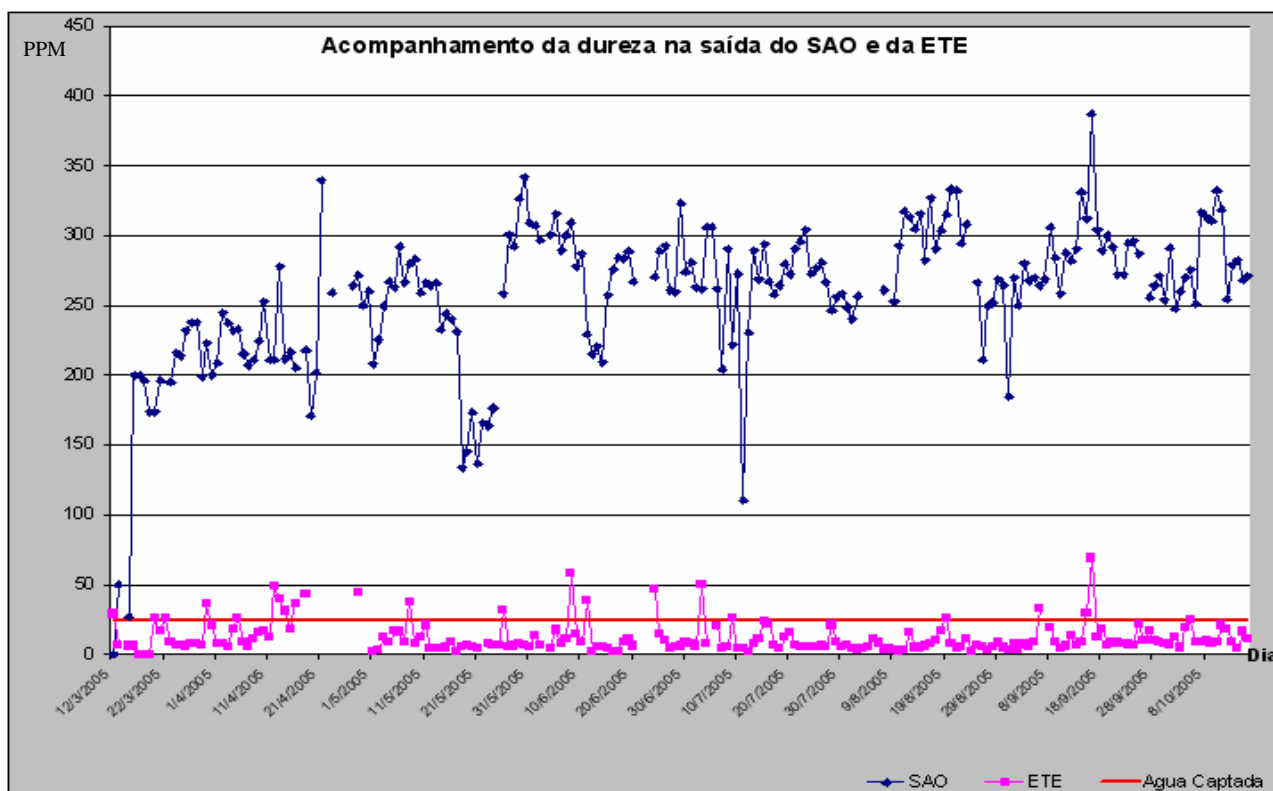


Figura 1: Comparativo entre os valores de dureza da água produzida após ETE com a água captada.

Obs.: SAO = Separador água-óleo.

#### 4 - CONCLUSÕES

Além dos ganhos sócio-ambientais não mensuráveis, o reúso da água produzida no Campo de Fazenda Belém também refletiu em aumento de produção de petróleo (ganho de 450 m<sup>3</sup>/d) e redução de custos de tratamento: para geração de vapor, o custo de tratamento da água produzida é de R\$1,09/m<sup>3</sup> enquanto que o tratamento da água captada é de R\$1,76/m<sup>3</sup>, considerando o aumento de produto químico (utilização de soda cáustica para água produzida) e energia elétrica (para bombas de captação).

Em paralelo, o grupo do Centro de Pesquisas da PETROBRAS também está avaliando, em campo, o uso da tecnologia de dessalinização por membranas aplicada ao tratamento da água de Fazenda Belém. Esta alternativa tecnológica, inédita na PETROBRAS visando reúso de água produzida, objetiva o pré-tratamento da água efluente da ETE através de filtros cartucho ou através de membranas de microfiltração seguida da dessalinização via processos de nanofiltração ou osmose inversa. Por esta rota, toda o sistema de abrandamento químico e todo o processo de polimento da água realizado na UTA poderiam ser desativados. Para realizar esta avaliação, foi construído um protótipo móvel de dessalinização, podendo operar com membranas de nanofiltração

ou de osmose inversa. Este protótipo está dotado de um vaso de pressão de 4 polegadas, podendo comportar módulos em espiral de membranas, trabalhando com vazões na faixa de 3 a 5 m<sup>3</sup>/h. Bombas dosadoras de aditivos químicos à montante da membrana também fazem parte do conjunto. A figura 2 traz um desenho esquemático do protótipo e a figura 3 ilustra o mesmo instalado e operando no Campo de Fazenda Belém.

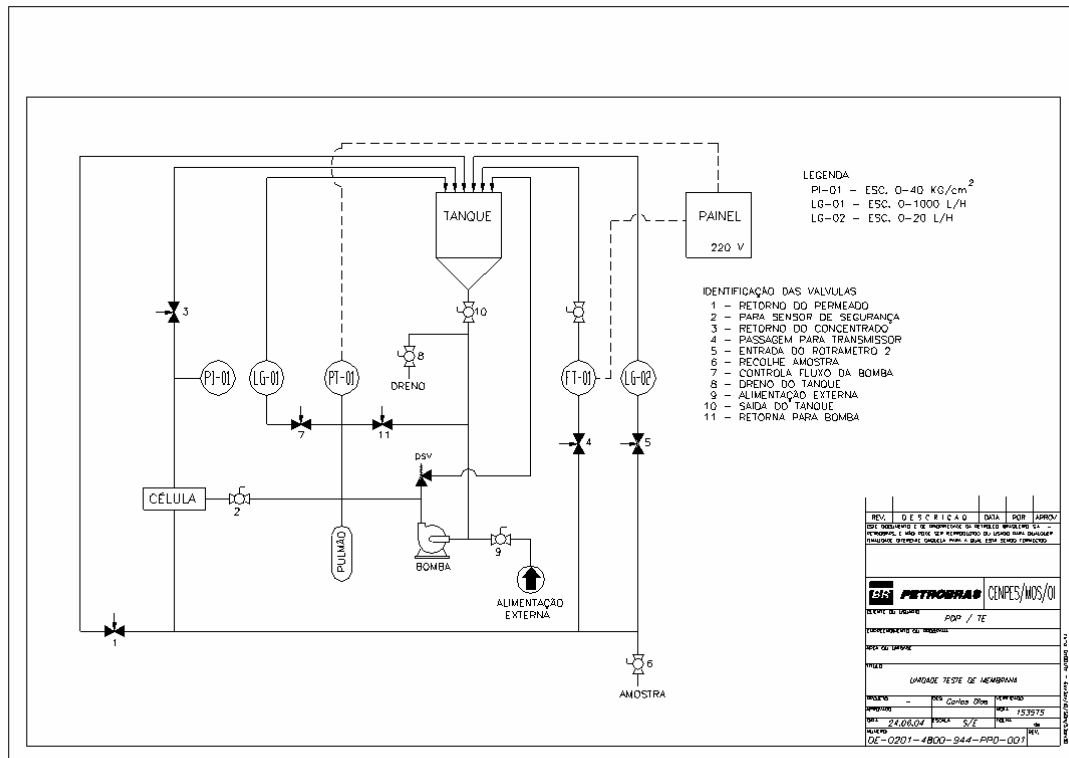


Figura 2. Fluxograma do protótipo de nanofiltração / osmose inversa do CENPES.

Os resultados preliminares obtidos mostraram uma grande potencialidade do uso da tecnologia de dessalinização aplicada ao reúso desta água produzida. No caso do reúso para geração de vapor para recuperação de óleo, as membranas de nanofiltração seriam as de menor custo operacional, já que atenderiam as exigências necessárias trabalhando com menores pressões. Por outro lado, as membranas de osmose inversa, embora requeiram maiores pressões de operação, são geralmente mais baratas e tendem a sofrer menos os efeitos de “fouling”. Para o reúso em irrigação, a tendência é aplicar o tratamento mais severo possível, objetivando atingir níveis de potabilização. Para se atingir tais níveis, a osmose inversa associada ou não com a nanofiltração tende a ser a técnica mais adequada.



Figura 3. Protótipo de nanofiltração / osmose inversa do CENPES operando em Fazenda Belém.