

## APLICAÇÃO DE DIAGRAMA DE FASES PARA OBTENÇÃO DE UM NOVO GEL DE FRATURAMENTO HIDRÁULICO

Tereza N. de Castro Dantas, Vanessa C. Santana, Afonso A. Dantas Neto, Luzia S. de França Neta e Heraldo S. Albuquerque

Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Campus Universitário, 59072-970, Natal (RN),  
e-mail: tereza@eq.ufrn.br

### Resumo

Através de um diagrama de fases pseudoternário foi delimitada uma região de gel com o objetivo de se obter um novo gel de fraturamento hidráulico a base de tensoativo. O tensoativo utilizado foi sintetizado a partir de óleo vegetal, produzido na região. Propriedades inerentes aos géis de fraturamento, tais como: viscosidade, volume de filtrado e velocidade de sedimentação foram analisadas. Os resultados obtidos com o gel a base de tensoativo foram comparados ao gel de HPG (hidroxipropilguar). Os ensaios reológicos foram realizados a  $100 \text{ s}^{-1}$  variando-se a temperatura de 26 a 86 °C, onde o gel a base de tensoativo mostrou ótimos resultados. O coeficiente de filtração foi determinado por filtração estática e o novo gel apresentou coeficiente menor em relação ao gel de HPG. A velocidade de sedimentação também foi determinada e o gel a base de tensoativo mostrou bom suporte estático para o propanete. Pode-se concluir que o gel obtido apresenta características compatíveis com o gel de HPG, sem o inconveniente de deixar resíduos insolúveis no poço.

Palavras-Chave: fraturamento hidráulico, gel a base de tensoativo, viscosidade, coeficiente de filtração, velocidade de sedimentação.

### Abstract

Through pseudoternary phases diagram was defined a gel area with the objective of obtaining a new surfactant-based fracturing gel. The surfactant used was synthesized from regional vegetable oil. Fracturing gel properties, like: viscosity, leakoff coefficient and proppant-settling rate were analyzed. The obtained results with the surfactant-based gel had its properties compared with a HPG-based gel (hydroxypropylguar). Rheological tests was accomplished at  $100 \text{ s}^{-1}$  being varied the temperature from 26 to 86 °C, where the surfactant-based gel showed great results. The leakoff coefficient was determined by static filtration and the new gel presented smaller coefficient in relation to the HPG gel. The proppant-setting rate was also determined in the gel and, the surfactant-based gel showed good static proppant support. One can conclude that obtained gel presents compatible characteristics when compared with the HPG gel, without the inconvenience of leaving insoluble residues in the well.

Keywords: hydraulic fracturing, surfactant-based gel, viscosity, leakoff coefficient, setting rate.

## 1. Introdução

O fraturamento hidráulico é uma técnica que visa aumentar a produtividade dos poços. Esta técnica de estimulação ocorre através da aplicação de um elevado diferencial de pressão, transmitido pelo gel de fraturamento, e aplicado contra a rocha reservatório, até a sua ruptura (Economides e Nolte, 1989). A fratura, que é iniciada no poço, se propaga através da formação pelo bombeio de um certo volume de gel, a uma pressão superior à tensão que tende a fechar a mesma. Para evitar que essa fratura feche totalmente, após cessar o diferencial de pressão aplicado, é bombeado o propante (areia, bauxita ou cerâmica) junto com o gel de fraturamento. Desta maneira, se cria um caminho preferencial, poroso, o qual facilita o fluxo dos fluidos do reservatório para o poço.

Os géis de fraturamento existentes atualmente são a base de polímero e esses géis deixam resíduos insolúveis que causam a redução na permeabilidade da formação. Portanto, este trabalho visou desenvolver um novo gel de fraturamento (sem resíduos) a partir da aplicação de diagramas de fases. Para a construção deste diagrama utilizou-se um tensoativo sintetizado de matéria-prima regional. O diagrama de fases obtido apresentou uma região de gel bem definida, da qual foi escolhido um ponto para se determinar a composição do gel.

## 2. Metodologia

### 2.1. Obtenção do diagrama de fases

O sistema utilizado para a obtenção da região de gel foi composto por quatro constituintes (tensoativo, cotensoativo, fase aquosa e fase orgânica), onde a relação C/T (cotensoativo/tensoativo) foi mantida constante para que a representação pudesse ser feita em um triângulo equilátero (Robb, 1981). Para a obtenção do diagrama de fases, inicialmente fixou-se dois vértices do triângulo equilátero (normalmente os vértices C/T e fase orgânica) e titulouse-se com a fase aquosa ou oleosa, varrendo toda a extensão do diagrama até a formação ou desaparecimento da região de gel, de acordo com o desenho esquemático da figura 1.

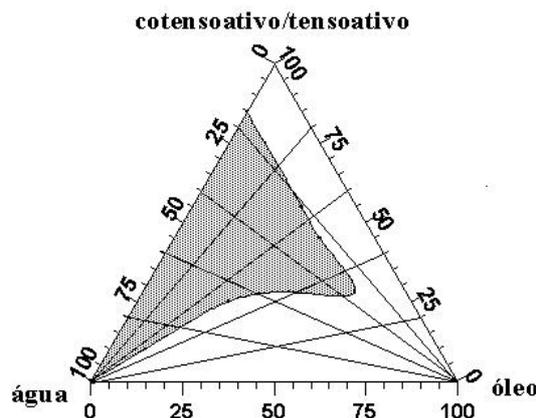


Figura 1 - Diagrama pseudoternário mostrando, esquematicamente, a delimitação de uma região de gel.

### 2.2. Obtenção do gel

Através da construção do diagrama de fases foi identificada e delimitada a região de gel. O diagrama foi obtido utilizando-se um sistema pseudoternário composto por água, fase orgânica e razão cotensoativo/tensoativo constante, sendo que o tensoativo utilizado foi sintetizado de matéria-prima regional. A partir da escolha de um ponto dentro da região de gel, foi determinada a composição necessária para a preparação do gel. O gel obtido é composto por: 23.3% de tensoativo, 11.7% de cotensoativo, 14% de fase orgânica e 51% de fase aquosa.

### 2.3. Estudo reológico do gel

Foram realizados ensaios de reologia em um reômetro Haake RS150, nas temperaturas de 26 °C a 86 °C, a uma taxa de cisalhamento de 100 s<sup>-1</sup>. Este ensaio foi realizado durante 10 minutos em cada temperatura, para que fosse verificado e comparado o comportamento dos géis variando-se a temperatura. A temperatura de interesse, neste trabalho, é de 66 °C visto que esta é a temperatura média encontrada nos poços em terra da Bacia Potiguar.

### 2.4. Ensaio de perda de fluido

O ensaio de perda de fluido visa quantificar o volume de gel que poderá ser perdido para a formação durante um fraturamento hidráulico. Este ensaio foi realizado através de ensaios de filtração estática em célula HPHT (High Pressure High Temperature). No ensaio de filtração foi aplicada uma pressão de 500 psi com nitrogênio, a temperatura de 66 °C. Com o auxílio de erlenmeyers, de massa conhecida, foram feitas leituras de massa acumulada de filtrado em função do tempo a partir do acionamento do cronômetro quando a pressão foi aplicada. O volume de filtrado foi

calculado através da determinação da densidade do filtrado. A duração do ensaio foi de aproximadamente 45 minutos. Foram construídos gráficos de volume de filtrado por unidade de área em função da raiz quadrada do tempo. O coeficiente de filtração é representado pelo coeficiente angular da reta (Grothe et al.,2000), de acordo com a Equação 1.

$$V_L = V_{SP} + A \cdot C_w \cdot \sqrt{t} \quad (1)$$

onde:  $V_L$  é o volume de filtrado em  $m^3$ ,  $V_{SP}$  é o volume inicial de filtrado em  $m^3$ ,  $A$  é a área filtrante em  $m^2$ ,  $C_w$  é o coeficiente de filtração em  $m/s^{1/2}$  e  $t$  é o tempo em s.

### 2.5. Velocidade de sedimentação

O ensaio de velocidade de sedimentação visa verificar a capacidade do gel de manter em suspensão o propante, ou seja, a capacidade de conduzir o propante até a fratura sem que haja a sedimentação do mesmo.

Com o auxílio de uma proveta graduada foi determinada a velocidade de sedimentação ( $v_s$ ) do propante no gel, através da adição de cerâmica 16/20 mesh (como propante) na concentração de  $0.3 \text{ g/cm}^3$ . A sedimentação do propante no gel foi observada.

## 3. Resultados e discussões

### 3.1. Obtenção do diagrama de fases

Foi obtido um diagrama de fases com o objetivo de se determinar e delimitar a região de gel. De acordo com a Figura 2, observa-se uma área de gel bem delimitada e localizada na região rica em água. Logo, obtém-se um gel com maior porcentagem em água, tornando o sistema viável economicamente.

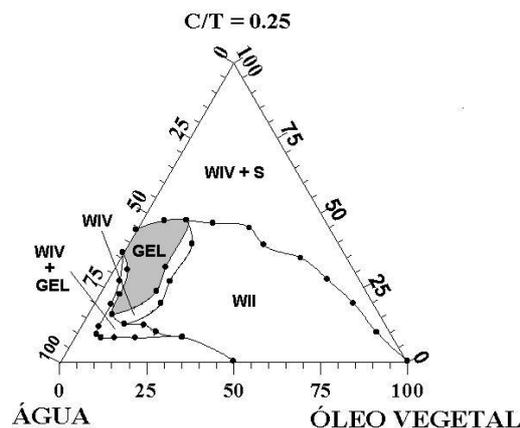


Figura 2 – Diagrama de fases de Winsor indicando a região de gel.

### 3.2. Ensaios reológicos

O gel a base de tensoativo, denominado de GT, apresentou viscosidade superior ao gel de HPG ( $4,2 \text{ kg/m}^3$ ) nas temperaturas de 26 a  $66 \text{ }^\circ\text{C}$  (Figura 3). Portanto, o gel a base de tensoativo, apresentou maior resistência à temperatura em relação ao gel de HPG.

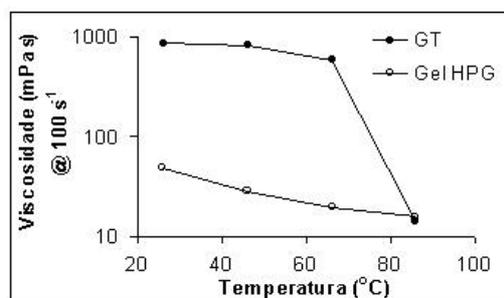


Figura 3 – Reologia dos géis.

### 3.3. Ensaios de perda de fluido

Sabendo-se que o coeficiente de filtração ( $C_w$ ) é representado pelo coeficiente angular da reta, e que este é obtido de curvas experimentais de volume acumulado de filtrado em função da raiz quadrada do tempo, foram

realizados ensaios com o gel de HPG e com o gel a base de tensoativo para que os resultados pudessem ser comparados. Os resultados obtidos permitiram observar que o gel de HPG apresenta  $C_w$  igual a  $3 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}^{1/2}$ , enquanto o gel a base de tensoativo apresentou  $C_w$  igual a  $3 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}^{1/2}$  (Figura 4). Portanto, o gel a base de tensoativo apresentou o menor coeficiente de filtração, ou seja, uma menor perda de volume de gel para a formação durante um fraturamento hidráulico.

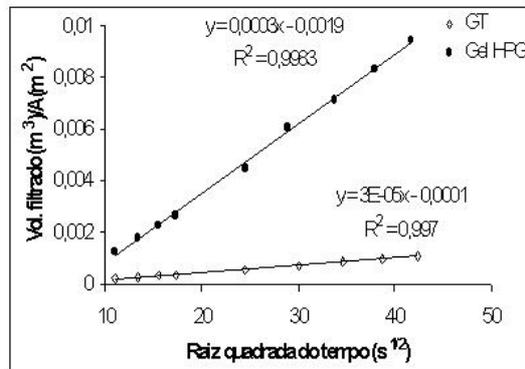


Figura 4 - Resultado da perda de fluido obtido na célula HPHT para os géis.

### 3.4. Velocidade de sedimentação

Estudou-se a capacidade dos géis de manter em suspensão a cerâmica 16/20 mesh em função do tempo, determinando-se a  $v_s$  (velocidade de sedimentação) dos géis. Os resultados obtidos encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1 - Velocidade de sedimentação dos géis.

Tipo de gel	$v_s$ (cm/min)
Gel HPG	1.63
GT	3.09

De acordo com a Tabela 1, observa-se que o gel a base de tensoativo apresentou velocidade de sedimentação mais rápida do que o gel de HPG. No entanto, esta velocidade é compatível com a velocidade de géis a baixa concentração de polímero (Di Lullo, 2001).

## 4. Conclusão

Os resultados obtidos permitiram observar que o gel a base de tensoativo apresentou viscosidade superior ao gel de HPG em quase toda faixa de temperatura estudada, mostrando com isso a estabilidade do gel com o aumento da temperatura. O gel a base de tensoativo também apresentou coeficiente de filtração ( $C_w$ ) inferior ao gel de HPG, ou seja, o GT perde menos fluido para a formação do que o gel de HPG na concentração estudada. Quanto à velocidade de sedimentação, o gel a base de tensoativo apresentou velocidade maior que o gel de HPG, no entanto, a velocidade é compatível com a de géis a baixa concentração de polímero.

## 5. Agradecimentos

À ANP (Agência Nacional de Petróleo).

## 6. Referências

- DI LULLO, G.; AHMAD, A.; RAE, P.; ANAYA, L. Toward Zero Damage: New Fluid Points the Way. *SPE 69453*, p. 1-8, 2001.
- ECONOMIDES, M.J.; NOLTE, K.G. *Fracturing Fluid and Proppant Characterization. Reservoir Stimulation*; Schlumberger Education Services: Texas, 2-3, 1989.
- GROTHER, V.P.; RIBEIRO, P.R.; SOUZA, J.L.A.O.; FERNANDES, P.D. Hydraulic Fracturing Physical Simulation: An Analysis of Crosslinked Fluids Leakoff, *Rio Oil & Gas Expo and Conference*, Rio de Janeiro, Brazil, Oct 16-19, 2000; Brazilian Petroleum Institute: Brazil, 2000; IBP02900.
- ROBB, I.D. *Dynamics of Microemulsions. Microemulsions*; Plenum Press: New York, 153-158, 1981.