

Planejamento fatorial como ferramenta para avaliar o desempenho de surfactantes na solubilização de fases líquidas não-aquosas (NAPLs).

Samara Boaventura de Moraes (IC)¹, Elizabeth Fátima de Souza (PQ)^{1*}, Alessandra Borin (PQ)¹

Faculdade de Química / CEATEC / PUC-Campinas. Rodovia Dom Pedro I, km 136, Parque das Universidades, 13086-900 - Campinas – SP.* e-mail: souzaef@puc-campinas.edu.br

Palavras Chave: surfactantes, NAPLs, processos de remediação, águas subterrâneas.

Introdução

Solventes orgânicos e produtos petrolíferos derramados na subsuperfície estão normalmente presentes como fases aquosas imiscíveis em água, conhecidas como fases líquidas não-aquosas (NAPLs). Compostos orgânicos clorados formam as chamadas fases densas (DNAPLs), enquanto hidrocarbonetos derivados do petróleo formam fases leves (LNAPLs)¹. NAPLs infiltradas no subsolo são fontes potenciais de contaminação continuada em longo prazo das águas subterrâneas em muitas áreas². A injeção de soluções de surfactantes pode ser utilizada para solubilizar e/ou mobilizar a fase orgânica, aumentando a eficiência de processos de remediação como bombeamento e tratamento³.

Resultados e Discussão

A avaliação de desempenho das soluções de surfactantes na solubilização de NAPLs compostas foi feita pela medida da cor da fase aquosa, após exposição a soluções dos contaminantes coradas com Oil Red O ou Oil Blue N nas condições desejadas, por espectroscopia no UV/vis (HP 8351). Foram avaliadas soluções de surfactantes álcool etoxilado (Tween 40); brometo de hexadeciltrimetilamônio (CTAB) e dodecilsulfato de sódio (SDS). As condições dos planejamentos fatoriais⁴ fracionários 2⁵⁻¹ encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1. Condições dos planejamentos fatoriais para solubilização de NAPLs compostas, por soluções 2,5% m/v do surfactante desejado.

| Variável | Nível (-) | Nível (+) |
|------------------|-----------|-----------|
| Naftaleno | 0% | 5% |
| Tolueno | 30% | 60% |
| pH | 5 | 9 |
| Dureza (mg/L) | 50 | 250 |
| Temperatura (°C) | 20 | 30 |

* n-Decano q.s.p. 100%. Corante: Oil Blue N.

| Variável | Nível (-) | Nível (+) |
|------------------|-----------|-----------|
| 1,2-dicloroetano | 20% | 40% |
| Clorofórmio | 20% | 40% |
| pH | 5 | 9 |
| Dureza (mg/L) | 50 | 250 |
| Temperatura (°C) | 20 | 30 |

* Tetracloreto de carbono q.s.p. 100%. Corante: Oil Red O.

As soluções de Tween 40 (três efeitos significativos, os positivos em azul e o negativo em vermelho) se mostraram menos sensíveis às variações da composição das LNAPLs e das condições do meio

do que CTAB e SDS (seis efeitos cada). Para DNAPLs, SDS (dois efeitos significativos) é menos sensível às variações da composição e das condições do meio do que CTAB e Tween 40 (quatro efeitos cada).

Tabela 2. Efeitos da composição das misturas e das condições pH, dureza, temperatura da fase aquosa sobre a solubilização de LNAPLs compostas.

| EFEITOS | CTAB | SDS | Tween 40 |
|-------------------------|---------------|---------------|---------------|
| Média | 0,218 | 0,130 | 0,141 |
| Naftaleno | -0,020 | -0,030 | -0,010 |
| Tolueno | 0,016 | -0,000 | 0,003 |
| pH | 0,010 | -0,010 | 0,010 |
| Temperatura | 0,021 | 0,013 | 0,043 |
| Naftaleno e tolueno | 0,021 | 0,004 | 0,009 |
| Naftaleno e pH | 0,028 | 0,009 | -0,010 |
| Naftaleno e dureza | 0,008 | 0,018 | -0,010 |
| Naftaleno e temperatura | 0,006 | -0,010 | -0,020 |
| Tolueno e temperatura | 0,031 | 0,008 | -0,010 |
| pH e dureza | -0,010 | 0,004 | 0,045 |
| pH e temperatura | -0,010 | 0,018 | -0,000 |

Tabela 3. Efeitos da composição das misturas e das condições pH, dureza, temperatura da fase aquosa sobre a solubilização de DNAPLs compostas.

| EFEITOS | CTAB | SDS | Tween 40 |
|----------------------------|---------------|--------------|---------------|
| Média | 0,127 | 0,049 | 0,178 |
| Dicloroetano | -0 | 0,003 | -0,030 |
| Dureza | 0,021 | 0,005 | -0,010 |
| Temperatura | 0,007 | 0,014 | 0,007 |
| Dicloroetano e dureza | -0,020 | 0,006 | 0,002 |
| Dicloroetano e temperatura | -0,010 | 0,003 | -0,020 |
| Clorofórmio e dureza | -0,010 | 0,001 | 0,018 |
| Clorofórmio e temperatura | -0,020 | 0 | -0 |
| pH e temperatura | 0,012 | 0 | -0,010 |
| Dureza e temperatura | -0,020 | 0,003 | 0,004 |

Conclusões

Estes testes mostraram a importância da caracterização adequada da composição da NAPL e de parâmetros físico-químicos da fase aquosa, para que os testes de seleção de surfactantes para solubilização de NAPLs em laboratório sejam reproduzíveis na aplicação em campo.

Agradecimentos

CNPq: PIBIC e 304411/2009-4, PUC-Campinas.

¹Dobson, R.; Schroth, M.H.; Zeyer, J. J. *Cont. Hydr.* **2007**, 235, 94.

²Geng, L. *et al.*, *Exp. Syst. Appl.* **2001**, 251, 20.

³Zhao, B.; Chen, X.; Zhu, K.; Zhu, L. *Coll. Surfaces A* **2007**, 296, 167.

⁴Teófilo, R. F.; Ferreira, M. M. C.; *Quim. Nova*, **2006**, 29, 338.