

 <b>PETROBRAS</b>	<b>ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA</b>		Nº: <b>ET-3010.00-1260-010-PNG-042</b>			
	CLIENTE: <b>E&amp;P</b>			FOLHA: <b>1 de 8</b>		
	PROGRAMA: -					
	ÁREA: -					
TÍTULO: <b>QUALIFICAÇÃO DE PRODUTOS QUÍMICOS PARA USO CONTÍNUO EM UNIDADES DE REMOÇÃO DE SULFATO</b>				GPP-E&P/EAEP/PMPQ/GIPO <b>PÚBLICO</b>		
<b>ÍNDICE DE REVISÕES</b>						
<b>REV.</b>	<b>DESCRIÇÃO E/OU FOLHAS ATINGIDAS</b>					
0	Revisão Original					
A	Inclusão da análise do fluido aquoso no item 1.2.					
B	Revisão geral do texto, sem alteração de requisitos de aprovação, com melhorias na descrição do procedimento de qualificação.					
C	Revisão no item 4.2 (Ensaio de compatibilidade química entre os produtos e a água) com a eliminação do preparo das soluções contendo somente Biocida (400 mg/L e 1.600 mg/L) da Tabela III e melhoria no texto do critério de aprovação.					
	REV. 0	REV. A	REV. B	REV. C	REV. D	REV. E
DATA	31/07/2019	04/12/2019	17/02/2023	26/06/2024		
EXECUÇÃO	Jussara de Mello	B97J	B97J	B97J		
VERIFICAÇÃO	Mariana Figueiredo	EK6A	BE3W	BE3W, M300		
APROVAÇÃO	Débora Gemelli	CJCL	CJCL	EK6A		
DE ACORDO COM A DI-1PBR-00337, AS INFORMAÇÕES DESTE DOCUMENTO SÃO PROPRIEDADE DA PETROBRAS, SENDO PROIBIDA A UTILIZAÇÃO FORA DA SUA FINALIDADE.						
FORMULÁRIO PADRONIZADO PELA NORMA PETROBRAS N-381-REV.M.						

 <b>PETROBRAS</b>	<b>ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA</b>	Nº: <b>ET-3010.00-1260-010-PNG-042</b>	REV. <b>C</b>
	CLIENTE: <b>E&amp;P</b>	FOLHA: <b>2 de 8</b>	
	TÍTULO: <b>QUALIFICAÇÃO DE PRODUTOS QUÍMICOS PARA USO CONTÍNUO EM UNIDADES DE REMOÇÃO DE SULFATO</b>	GPP-E&P/EAEP/PMPQ/GIPQ	
			<b>PÚBLICO</b>

## SUMÁRIO

1. Introdução.....	3
2. Referências normativas.....	3
3. Requisitos iniciais .....	3
4. Metodologia.....	4
4.1. Preparo das soluções aquosas de teste .....	5
4.2. Ensaio de compatibilidade química entre os produtos e a água.....	5
4.3. Ensaio de eficiência estática de inibição da incrustação .....	6
5. Apresentação dos resultados .....	7
5.1. Compatibilidade química entre os produtos e água .....	7
5.2. Eficiência estática de inibição da incrustação.....	7
6. Critério de aprovação .....	8

 <b>PETROBRAS</b>	<b>ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA</b>	Nº: <b>ET-3010.00-1260-010-PNG-042</b>	REV. <b>C</b>
	CLIENTE: <b>E&amp;P</b>	FOLHA: <b>3 de 8</b>	
	TÍTULO: <b>QUALIFICAÇÃO DE PRODUTOS QUÍMICOS PARA USO CONTÍNUO EM UNIDADES DE REMOÇÃO DE SULFATO</b>	GPP-E&P/EAEP/PMPQ/GIPQ <b>PÚBLICO</b>	

## 1. INTRODUÇÃO

Este documento define os requisitos de qualificação de **INIBIDOR DE INCRUSTAÇÃO** e **BIOCIDA de choque** para aplicação nas Unidades de Remoção de Sulfato (URS) da água do mar para injeção em reservatórios em unidades de produção *offshore*.

## 2. REFERÊNCIAS NORMATIVAS

Os documentos relacionados a seguir são citados no texto e contêm prescrições válidas para a presente especificação técnica.

- ABNT NBR 14725: Produtos químicos - Informações sobre segurança, saúde e meio ambiente - Aspectos gerais do Sistema Globalmente Harmonizado (GHS), classificação, FDS e rotulagem de produtos químicos;
- ABNT NBR 7353: Soluções aquosas - Determinação do pH com eletrodos de vidro;
- ASTM D1293: *Standard Test Methods for pH of Water*;
- ASTM E70: *Standard Test Method for pH of Aqueous Solutions with the Glass Electrode*;
- ASTM D1976: *Standard Test Method for Elements in Water by Inductively-Coupled Plasma Atomic Emission Spectroscopy*;
- ASTM D4691: *Standard Practice for Measuring Elements in Water by Flame Atomic Absorption Spectrophotometry*;
- ASTM D7315: *Standard Test Method for Determination of Turbidity Above 1 Turbidity Unit (TU) in Static Mode*;
- ET-3010.00-1260-010-PNG-006: Biocida para Unidades de Remoção de Sulfato à base de DBNPA.

Para referências não datadas, aplicam-se as edições mais recentes dos referidos documentos (incluindo emendas).

## 3. REQUISITOS INICIAIS

O fornecedor deve apresentar relatório de testes com o inibidor de incrustação e o biocida de choque para URS de acordo com a metodologia descrita nessa especificação técnica. Além dessas informações, o relatório deve conter, no mínimo:

- Identificação do responsável técnico pela realização dos ensaios;
- Dados da instituição responsável pela execução dos ensaios;
- Data de emissão do relatório;
- Identificação do inibidor de incrustação e do biocida de choque para URS avaliados.

Caso haja necessidade de entrega de amostra do inibidor de incrustação e do biocida do tipo DBNPA (ET-3010.00-1260-010-PNG-006) para realização de testes pela PETROBRAS, conforme oportunidade, os seguintes requisitos devem ser atendidos:

**ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA**Nº: **ET-3010.00-1260-010-PNG-042**REV. **C**CLIENTE: **E&P**FOLHA: **4 de 8**TÍTULO: **QUALIFICAÇÃO DE PRODUTOS QUÍMICOS PARA USO CONTÍNUO EM UNIDADES DE REMOÇÃO DE SULFATO**

GPP-E&amp;P/EAEP/PMPQ/GIPQ

**PÚBLICO**

- Entregar 500 mL (divididos em dois frascos de 250 mL) de amostra, de cada produto, em recipiente compatível com o fluido, íntegro, sem vazamentos, estufamento ou qualquer tipo de degradação;
- O rótulo do produto químico deve ser confeccionado em material que resista às condições normais de uso, transporte e armazenagem dentro do prazo de validade do produto;
- Todas as informações de segurança constantes no rótulo de produto químico comercializado no mercado nacional devem estar redigidas no idioma nacional;
- De acordo com a NR-26, a rotulagem de produto químico deve seguir a norma ABNT NBR 14725;
- Incluir no rótulo do recipiente o número sequencial do cenário de pré-qualificação/licitação publicado no Edital a que a amostra se relaciona;
- Providenciar a assinatura do comprovante de recebimento de amostras pelo responsável da PETROBRAS, coletando assinatura e a data da entrega;
- Entregar cópia da Ficha com Dados de Segurança (FDS) do produto químico, em conformidade com a norma ABNT NBR 14725.

Após o recebimento, as amostras serão verificadas visualmente pela PETROBRAS quanto à formação de borras, precipitados, turvação e separação de fases. Caso alguma dessas características seja identificada, o produto será reprovado.

#### 4. METODOLOGIA

A avaliação dos produtos químicos se baseia nas características físico-químicas da água do mar na superfície da membrana (Tabela I) das URS, considerando as condições da nanofiltração.

Tabela I - Características físico-químicas da água na superfície da membrana das URS.

Parâmetro	Valor na superfície da membrana	Unidade
Sódio (Na <sup>+</sup> )	11.000	mg/L
Potássio (K <sup>+</sup> )	486	mg/L
Cálcio (Ca <sup>2+</sup> )	4.266	mg/L
Magnésio (Mg <sup>2+</sup> )	23.261	mg/L
Estrôncio (Sr <sup>2+</sup> )	95	mg/L
Cloreto (Cl <sup>-</sup> )	18.766	mg/L
Sulfato (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	28.474	mg/L
Bicarbonato (HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	1.000	mg/L
pH	8,0	-
Temperatura	25	°C

Para realização dos ensaios de qualificação (compatibilidade química e eficiência estática), soluções sintéticas são preparadas de tal forma que, quando misturadas na mesma proporção volumétrica, gerem a composição iônica e pH apresentados na Tabela I.

#### 4.1. Preparo das soluções aquosas de teste

Preparar as soluções aquosas A, B e C, descritas na Tabela II, com água ultrapura (Tipo I ou II) e, posteriormente, filtradas com membrana de acetato de celulose de 0,45 µm.

Tabela II - Soluções utilizadas nos ensaios de compatibilidade química e eficiência estática.

Constituinte	Solução aquosa A (g/L)	Solução aquosa B (g/L)	Solução aquosa C (g/L)
NaCl	27,9634	27,9634	27,9634
KCl	1,8534	-	-
CaCl <sub>2</sub> .2H <sub>2</sub> O	31,2972	-	-
MgCl <sub>2</sub> .6H <sub>2</sub> O	395,16	-	-
SrCl <sub>2</sub> .6H <sub>2</sub> O	0,5781	-	-
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	-	-	84,2053
NaHCO <sub>3</sub>	-	-	2,7536

#### 4.2. Ensaio de compatibilidade química entre os produtos e a água

- Medir o pH de uma mistura de partes volumétricas iguais da solução A com a solução B (Tabela II) seguindo a norma ABNT NBR 7353 ou ASTM D1293 ou ASTM E70. O valor de pH da solução resultante deve ser de  $8,0 \pm 0,2$ .
- Partindo da solução aquosa B da Tabela II, preparar 4 (quatro) soluções contendo inibidor de incrustação e biocida nas concentrações B1, B2, B3 e B4 descritas na Tabela III.

Tabela III - Concentrações dos produtos químicos dosados na solução aquosa B (Tabela II) para o ensaio de compatibilidade química.

Produto químico	Concentração (mg/L)			
	B1	B2	B3	B4
Inibidor de incrustação	10	50	10	50
Biocida	0	0	400	1.600

- Acondicionar as soluções da Tabela III e a solução aquosa A (Tabela II) na temperatura de 25 °C;
- Misturar volumes iguais da solução aquosa A com cada uma das 4 (quatro) soluções da Tabela III e fazer o registro fotográfico das misturas, iniciando a medição do tempo de ensaio;
- Fotografar o aspecto de cada frasco imediatamente após a mistura (0 h) e após 0,5 h; 1 h; 2 h; 3 h; 4 h; 5 h e 6 h de ensaio.

Serão considerados aprovados no teste de compatibilidade química, os produtos que não apresentarem visualmente borras, precipitados, sobrenadantes e turvação, em 0,5 h, 1 h e 2 h de ensaio, para as misturas:

- Solução A com solução B3;
- Solução A com solução B4.

### 4.3. Ensaio de eficiência estática de inibição da incrustação

- (a) Medir o pH de uma mistura de partes volumétricas iguais da solução A com a solução C (Tabela II) seguindo a norma ABNT NBR 7353 ou ASTM D1293 ou ASTM E70. O valor de pH da solução resultante deve ser de  $8,0 \pm 0,2$ .
- (b) Partindo da solução aquosa C da Tabela II, preparar 7 (sete) soluções contendo as dosagens do inibidor de incrustação e do biocida, nas concentrações C1, C2, C3, C4, C5, C6 e C7 descritas na Tabela IV.

Tabela IV - Concentrações dos produtos químicos dosados na solução aquosa C (Tabela II), para o ensaio de eficiência estática.

Produto químico	Concentração (mg/L)						
	C1 (branco)	C2	C3	C4	C5	C6	C7
Inibidor de incrustação	0	10	20	30	10	20	30
Biocida	0	0	0	0	1.600	1.600	1.600

- (c) Acondicionar as soluções da Tabela IV e a solução aquosa A na temperatura de 25 °C.
- (d) Misturar volumes iguais da solução aquosa A com cada uma das 7 (sete) soluções da Tabela IV e iniciar a medição do tempo de ensaio.
- (e) Coletar uma alíquota da mistura com a solução C1 (branco) imediatamente após o preparo, filtrar em membrana de 0,45 µm e medir o teor de cálcio na solução filtrada seguindo a Norma ASTM D1976 ou ASTM D4691.
- (f) Coletar alíquotas das misturas preparadas com as soluções C1, C2, C3, C4, C5, C6 e C7 após 20 min, 40 min e 1 h de ensaio, filtrar em membrana de 0,45 µm e medir o teor de cálcio na solução filtrada seguindo a Norma ASTM D1976 ou ASTM D4691.

Calcular a eficiência estática (EE) do inibidor de incrustação seguindo a equação 1.

$$EE (\%) = \frac{([Ca^{2+}]_m - [Ca^{2+}]_{br})}{([Ca^{2+}]_{orig} - [Ca^{2+}]_{br})} \times 100 \quad \text{Eq. (1)}$$

Onde:

$[Ca^{2+}]_m$  é a concentração de cálcio da mistura, no momento da retirada da alíquota;

$[Ca^{2+}]_{br}$  é a concentração de cálcio na mistura com a solução C1 (branco - ensaio na ausência de produtos químicos), no momento da retirada da alíquota;

$[Ca^{2+}]_{orig}$  é a concentração de cálcio na mistura com a solução C1 (branco - ensaio na ausência de produtos químicos) imediatamente após o preparo da solução (tempo zero do ensaio).

Serão considerados aprovados no teste de eficiência estática de inibição da incrustação, os produtos que obtiverem eficiência de inibição superior ou igual a 80 %, em 20 minutos de ensaio, para as misturas:

- Solução A com solução C2;
- Solução A com solução C5.

## 5. APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

### 5.1. Compatibilidade química entre os produtos e água

Devem ser apresentados os registros fotográficos, conforme o exemplo da Figura 1, do ensaio de compatibilidade química entre os produtos e a água, em todas as condições e intervalos de tempo especificados.

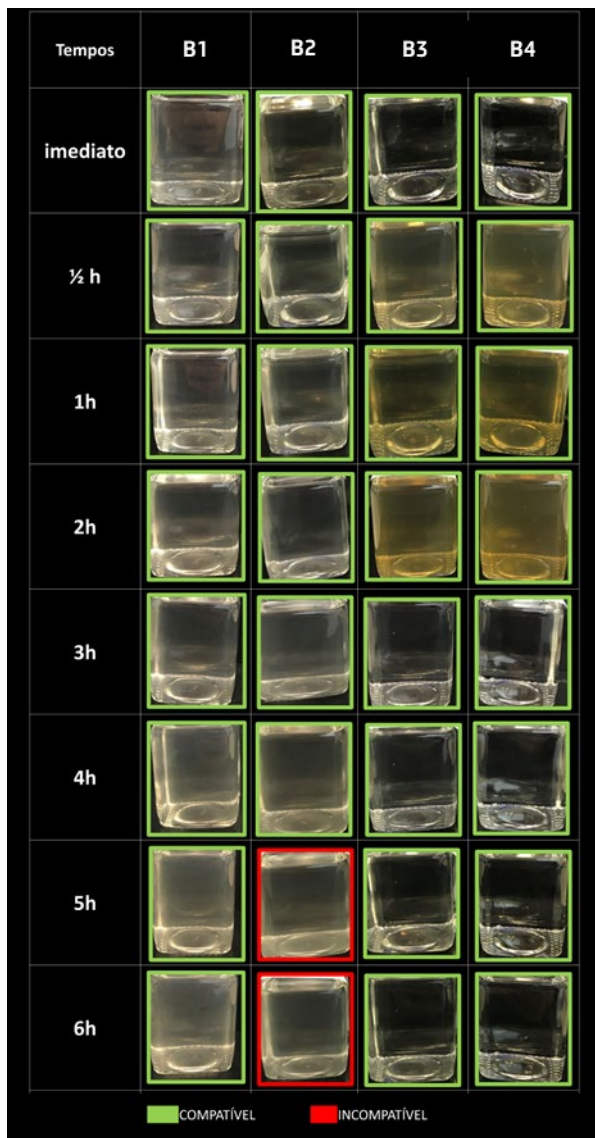


Figura 1 - Registro visual da solução em ensaio de compatibilidade estática do inibidor de incrustação [*inserir nome comercial do inibidor de incrustação*], na presença e na ausência do biocida [*inserir o nome comercial do biocida*], a 25°C.

### 5.2. Eficiência estática de inibição da incrustação

Deve ser apresentado um gráfico de barras, conforme o exemplo da Figura 2, onde são mostrados os resultados de eficiência estática calculado nos testes com inibidor de incrustação, tanto na presença quanto na ausência de biocida.

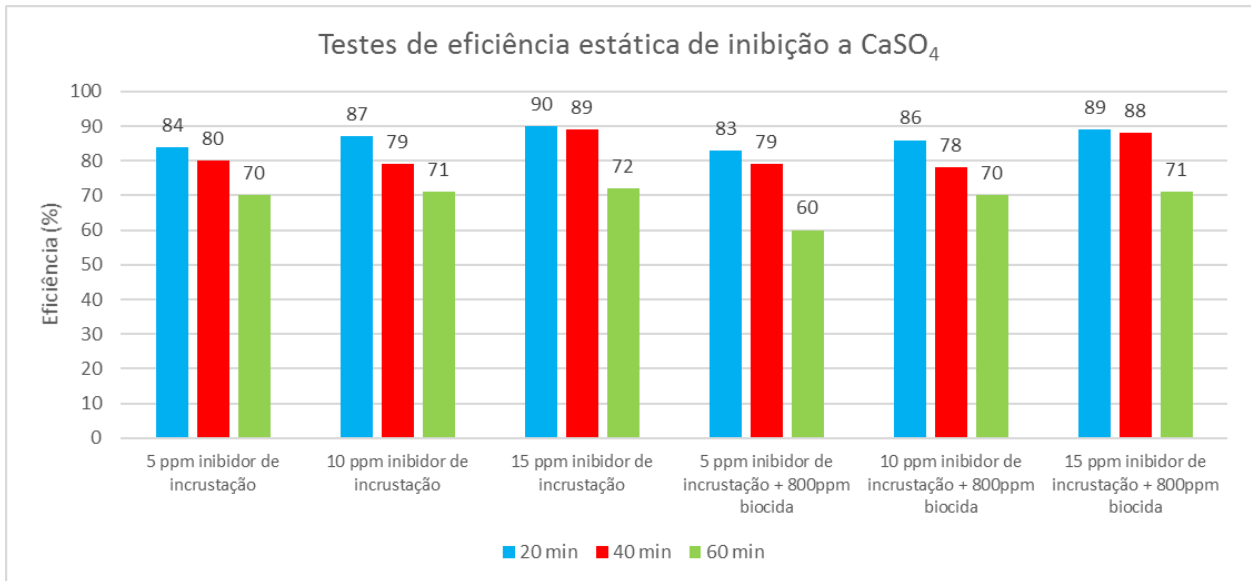


Figura 2 - Eficiência estática de inibição a  $\text{CaSO}_4$  do inibidor de incrustação [inserir nome comercial do inibidor de incrustação], na presença e na ausência de 800 mg/L do biocida [inserir o nome comercial do biocida], a 25°C.

## 6. CRITÉRIO DE APROVAÇÃO

O inibidor de incrustação e o biocida de choque, serão considerados aprovados para aplicação nas Unidades de Remoção de Sulfato (URS) se atenderem os critérios de aceitação a seguir:

- Teste de compatibilidade química de incrustação (item 4.2):

Serão considerados aprovados os produtos que não apresentarem visualmente borras, precipitados, sobrenadantes e turvação, em 0,5 h, 1 h e 2 h de ensaio, para as misturas:

- Solução A com solução B3;
- Solução A com solução B4.

As demais condições da Tabela III, após 0,5 h; 1 h; 2 h; 3 h; 4 h; 5 h e 6 h de ensaio, são de realização obrigatória, porém o resultado é somente em caráter informativo. Os resultados devem ser apresentados de acordo com o item 5.1.

- Teste de eficiência estática de inibição da incrustação (item 4.3):

Serão considerados aprovados os produtos que obtiverem eficiência de inibição superior ou igual a 80 %, em 20 minutos de ensaio, para as misturas:

- Solução A com solução C2;
- Solução A com solução C5.

As demais condições da Tabela IV, após 20 min, 40 min e 1 h de ensaio, são de realização obrigatória, porém o resultado é somente em caráter informativo. Os resultados devem ser apresentados de acordo com o item 5.2.