 <b>PETROBRAS</b>	<b>ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA</b>		Nº: <b>ET-3010.00-1260-010-PNG-136</b>			
	CLIENTE: <b>E&amp;P</b>			FOLHA: <b>1 de 7</b>		
	PROGRAMA: <b>-</b>					
ÁREA: <b>-</b>						
TÍTULO: <b>QUALIFICAÇÃO DE TENSOATIVO PARA TRATAMENTO ÁCIDO EM POÇOS DE REINJEÇÃO DE ÁGUA PRODUZIDA EM RESERVATÓRIO</b>			GPP-E&P/POAEP/PMPQ/TPFPQ			
			<b>PÚBLICO</b>			
<b>ÍNDICE DE REVISÕES</b>						
<b>REV.</b>	<b>DESCRIÇÃO E/OU FOLHAS ATINGIDAS</b>					
0	Revisão Original.					
A	Retirada dos testes de filtração de emulsão O/A como critério de aprovação, inclusão da composição da água produzida sintética a ser utilizada nos ensaios de compatibilidade, inclusão de critério quantitativo para aprovação do produto (Item 6) e revisão geral no texto com esclarecimentos e correções.					
B	Ajustes gerais na formatação e correções de erros de impressão da rev. A.					
	REV. 0	REV. A	REV. B	REV. C	REV. D	REV. E
DATA	03/06/2025	10/04/2026	17/04/2026			
EXECUÇÃO	BA9J, CTZC, AMA0	BA9J, CTZC, AMA0	BA9J, CTZC, AMA0			
VERIFICAÇÃO	BG1Q, M300	BG1Q, M300, CXZW	U382, FPP7, BE3W			
APROVAÇÃO	EK6A	EK6A	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.						

**SUMÁRIO**

1. Introdução .....	3
2. Referências normativas.....	3
3. Requisitos iniciais .....	3
4. Requisitos para qualificação do tensoativo .....	4
4.1. Ensaio de compatibilidade .....	4
4.1.1. Solubilidade em meio ácido .....	4
4.1.2. Solubilidade em água produzida sintética.....	4
4.2. Teste de injetividade em testemunho de rocha reservatório .....	5
5. Apresentação dos resultados .....	6
5.1. Ensaio de compatibilidade .....	6
5.2. Teste de injetividade em rocha reservatório .....	7
6. Critério de aprovação.....	7



## 1. INTRODUÇÃO

Este documento define os requisitos de qualificação de TENSOATIVO para uso concomitante à acidificação em sistemas de reinjeção de água produzida.

Os critérios abordados incluem compatibilidade e injetividade em rocha reservatório.

A avaliação do item 4.2 é uma atribuição exclusiva da PETROBRAS, sendo aceito apenas o laudo autorizado pela PETROBRAS para a verificação do cumprimento dos requisitos estabelecidos.

## 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;
- NR-26: Sinalização de Segurança;
- ASTM D92: *Standard Test Method for Flash and Fire Points by Cleveland Open Cup Tester*;
- API RP 45: *Recommended Practice for Analysis of Oilfield Waters, Third Edition*;
- SM 2540: *Solids (Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater)*.

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 tensoativo de acordo com a metodologia descrita no item 4.1 (Ensaio de compatibilidade) desta 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 produto avaliado.

Caso haja necessidade de entrega de amostra do produto para realização de testes pela PETROBRAS, conforme oportunidade, os seguintes requisitos devem ser atendidos:

- Entregar 1 L (divididos em dois frascos de 500 mL) de amostra 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 definido na oportunidade a que a amostra se relaciona;
- Providenciar a assinatura do protocolo de recebimento de amostras pelo responsável da PETROBRAS, coletando assinatura e a data da entrega;
- Entregar cópia da Ficha com Dados de Segurança (FDS), em conformidade com a Norma ABNT NBR 14725.

Após o recebimento, a amostra deverá ser verificada visualmente quanto à formação de borras, precipitados, turvação e separação de fases. Caso alguma dessas características seja identificada, o produto será reprovado.

#### 4. REQUISITOS PARA QUALIFICAÇÃO DO TENSOATIVO

##### 4.1. Ensaios de compatibilidade

Para o cenário de aplicação do produto no sistema de reinjeção de água produzida, será realizado teste de solubilidade em meio ácido e em água produzida sintética, conforme descrição a seguir, para avaliação da compatibilidade.

##### 4.1.1. Solubilidade em meio ácido

- (a) Considerando um volume de 100 mL de uma solução aquosa contendo ácido clorídrico, cujo valor de pH final deve ser de 1, adicionar volume de tensoativo a ser testado que seja equivalente a 10 % em volume da solução;
- (b) Agitar vigorosamente a mistura e avaliar o aspecto visual: se há a separação de fases, turbidez ou depósitos, fazendo registro fotográfico e classificando o produto como "totalmente solúvel" (não há separação de fases), "parcialmente solúvel" (há separação de fases, sem turvação ou formação de depósitos) ou "insolúvel" (há separação de fases, com turvação e/ou formação de depósitos) em cada condição avaliada. Preencher resultados conforme a Tabela II;
- (c) Repetir análise visual após um tempo total de 30 minutos para comparação, fazendo registro fotográfico e classificando o produto como "totalmente solúvel" (não há separação de fases), "parcialmente solúvel" (há separação de fases, sem turvação ou formação de depósitos) ou "insolúvel" (há separação de fases, com turvação e/ou formação de depósitos) em cada condição avaliada. Preencher resultados conforme a Tabela II.

##### 4.1.2. Solubilidade em água produzida sintética

- (a) Considerando um volume de 100 mL de água produzida sintética, adicionar volume de tensoativo a ser testado que seja equivalente a 10 % em volume da solução;

**ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA**Nº: **ET-3010.00-1260-010-PNG-136**REV. **B**CLIENTE: **E&P**FOLHA: **5 de 7**TÍTULO: **QUALIFICAÇÃO DE TENSOATIVO PARA TRATAMENTO  
ÁCIDO EM POÇOS DE REINJEÇÃO DE ÁGUA PRODUZIDA  
EM RESERVATÓRIO**

GPP-E&amp;P/POAEP/PMPQ/TPFPQ

**PÚBLICO**

- (b) Agitar vigorosamente a mistura e avaliar se há a formação de fases, fazendo registro fotográfico e classificando o produto como "totalmente solúvel" (não há separação de fases), "parcialmente solúvel" (há separação de fases, sem turvação ou formação de depósitos) ou "insolúvel" (há separação de fases, com turvação e/ou formação de depósitos) em cada condição avaliada. Preencher resultados conforme a Tabela II;
- (c) Repetir análise visual após um tempo total de 30 minutos para comparação, fazendo registro fotográfico e classificando o produto como "totalmente solúvel" (não há separação de fases), "parcialmente solúvel" (há separação de fases, sem turvação ou formação de depósitos) ou "insolúvel" (há separação de fases, com turvação e/ou formação de depósitos) em cada condição avaliada. Preencher resultados conforme a Tabela II.
- (d) A água produzida sintética deve ter a composição da Tabela I.

Tabela I - Composição da água produzida sintética a ser utilizada nos ensaios de compatibilidade.

Componente	Concentração (mg/L)
Sódio (Na <sup>+</sup> )	36.400
Potássio (K <sup>+</sup> )	360
Magnésio (Mg <sup>2+</sup> )	620
Cálcio (Ca <sup>2+</sup> )	1.100
Cloreto (Cl <sup>-</sup> )	60.214

#### 4.2. Teste de injetividade em testemunho de rocha reservatório

O teste de injetividade em testemunho de rocha reservatório é uma atribuição exclusiva da PETROBRAS para a verificação do cumprimento dos requisitos estabelecidos. O objetivo deste teste é avaliar se a adição do tensoativo ao ácido melhora a restauração da permeabilidade em comparação à injeção de ácido puro. A metodologia desse teste se baseia no ensaio de escoamento em meio poroso. A unidade de teste foi concebida de forma que as amostras sejam analisadas aos pares, isto é, o sistema de escoamento utilizado permite que o escoamento de água produzida pelos testemunhos seja feito em paralelo (vide Notas 1 e 2). Dessa forma, cada amostra pode receber um tipo de tratamento e é possível garantir que as amostras sejam submetidas a uma mesma qualidade de água produzida. Sendo assim, a única diferença entre os testes é de fato a injeção do produto em avaliação.

- (a) Submeter duas amostras de rocha à injeção de água produzida sintética (o Teor de Óleo e Graxa (TOG) pode variar entre 50 e 150 mg/L e o Teor de Sólidos Suspensos Totais (SST), entre 1 e 10 mg/L). Em função da presença de óleo disperso e sólidos suspensos, há formação de dano nos meios porosos, conseqüentemente, a permeabilidade é reduzida entre 60 e 70 % do valor inicial. Esse será o valor da permeabilidade após primeiro fluxo de água produzida sintética;
- (b) Uma vez danificadas, enviar as amostras para a etapa de tratamento, que consiste em um *soaking* com os produtos estudados. Uma das amostras deverá ser tratada apenas com o método convencional: acidificação com ácido clorídrico (será o branco ou referência). A outra, deverá ser tratada com uma mistura do mesmo ácido e 1% do tensoativo em volume. Injetar 5 volumes porosos do tratamento em cada amostra e, após 30 minutos, retomar o fluxo da água produzida sintética. Preencher resultados conforme a Tabela III;

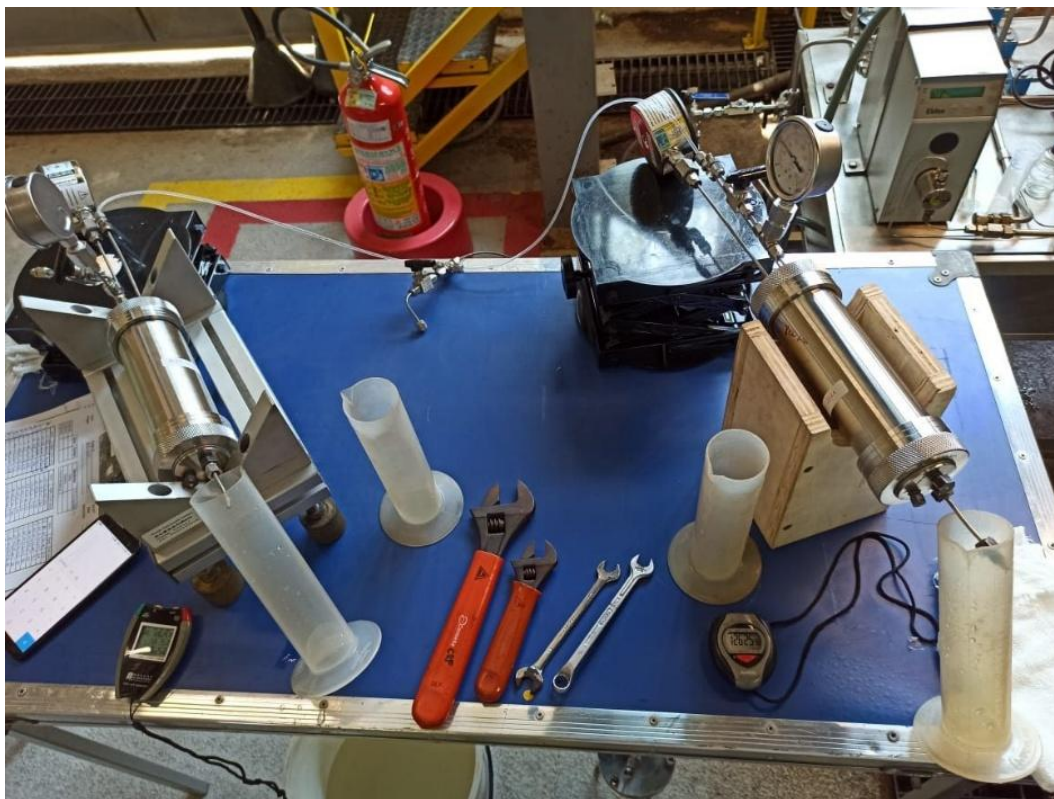


Figura 1 - Montagem dos sistemas de escoamento de água em testemunhos de rocha, em paralelo, para avaliar a restauração da injetividade nos ensaios em meio poroso.

- (c) Comparando-se as duas amostras testadas em paralelo, avaliar em qual houve maior restauração da injetividade: no branco, que foi tratado apenas com ácido, ou na amostra tratada com ácido + tensoativo. O critério de aceitação nesse ensaio é a melhor restauração em comparação ao tratamento de referência (método convencional, também denominado aqui como branco).

**Nota 1:** São utilizadas amostras de afloramento, com as mesmas características de porosidade e permeabilidade, permitindo a comparação dos ensaios em paralelo.

**Nota 2:** São utilizados plugues de 1,5 polegada de diâmetro e aproximadamente 7 cm de comprimento e porosidade entre 18 e 25 % que são saturados com água e confinados em *holder*. Ao longo do teste registram-se a pressão e a vazão ao longo do tempo. A pressão é medida com manômetros, sendo a saída do teste aberta para atmosfera. A medição de vazão é manual: um volume de efluente é coletado em tubo e é registrado o intervalo de tempo para preencher este volume. Os testes são realizados na temperatura ambiente. A montagem do sistema pode ser observada na Figura 1.

## 5. APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

### 5.1. Ensaios de compatibilidade

Os resultados, tanto para o teste de solubilidade em meio ácido bem como em água produzida sintética, devem ser apresentados conforme modelo da Tabela II.

Tabela II - Modelo para apresentação dos resultados dos ensaios de compatibilidade.

Mistura - tempo	Solubilidade (informar se: totalmente solúvel / parcialmente solúvel / insolúvel)	Observações (informar se: apresentou turbidez / precipitação / separação de fases / formação de borras)	Foto (vide Nota 3)
Logo após agitação			
Após 30 minutos			

**Nota 3:** A foto digital deverá ser no formato PNG com resolução mínima de 300 DPI, dimensões mínimas de 10x15 cm, feita com fundo preto fosco absoluto e sob luz de fundo ou lateral branca com temperatura entre 4000K e 6500K em ambiente ao abrigo do sol. O foco deve ser posicionado para o centro da amostra acondicionada em frasco incolor e transparente, limpo e sem rótulos, e a câmera deve ser apoiada de modo a evitar trepidações.

*Dica: Para validar se a foto está boa, amplie ela a 200% na tela. Se o fundo preto continuar preto sólido e o líquido for transparente, a foto é aceitável.*

## 5.2. Teste de injetividade em rocha reservatório

Os resultados devem ser apresentados conforme modelo da Tabela III.

Tabela III - Modelo para apresentação dos resultados dos ensaios de injetividade em rocha reservatório.

Fluido de teste	Restauração da permeabilidade (%)
Branco de referência	
Com tensoativo	

$$\text{Restauração da Permeabilidade (\%)} = \frac{k_{\text{tratamento}} - k_{\text{água produzida}}}{k_{\text{rocha}}} \times 100 \quad \text{Eq. (1)}$$

Onde:

$k_{\text{tratamento}}$  é a permeabilidade após o tratamento com ácido;

$k_{\text{água produzida}}$  é a permeabilidade após o fluxo de água produzida;

$k_{\text{rocha}}$  é a permeabilidade inicial da rocha.

## 6. CRITÉRIO DE APROVAÇÃO

O tensoativo será considerado aprovado se atender aos seguintes requisitos:

- Tanto para o teste de solubilidade em meio ácido como em água produzida sintética, o produto deve ser totalmente solúvel nas condições testadas, sem tolerância de turvação, sem formação de precipitados ou separação de fases (itens 4.1.1 e 4.1.2);
- O tensoativo deve promover uma restauração da permeabilidade igual ou maior que 25 pontos percentuais (**Restauração da Permeabilidade  $\geq 25\%$** ), conforme definido na Equação (1).