

| | | | |
|---|--|----------------|---|
|  PETROBRAS | ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA | | Nº: ET-3010.00-1260-010-PNG-140 |
| | CLIENTE: | E&P | FOLHA: 1 de 14 |
| | PROGRAMA: | - | |
| | ÁREA: | - | |
| | TÍTULO: QUALIFICAÇÃO DE CLARIFICANTE À BASE DE CARBAMIDA | | GPP-E&P/POAEP/PMPQ/TPFPQ |
| | | | PÚBLICO |

ÍNDICE DE REVISÕES

| REV. | DESCRIÇÃO E/OU FOLHAS ATINGIDAS |
|------|---------------------------------|
| 0 | Revisão Original. |

| | REV. 0 | REV. A | REV. B | REV. C | REV. D | REV. E |
|-------------|------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| DATA | 30/12/2025 | | | | | |
| EXECUÇÃO | BA8P, BACL, M300 | | | | | |
| VERIFICAÇÃO | CXBW, N45U, U382 | | | | | |
| APROVAÇÃO | 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.

| | | | |
|---|--|---|-------------------------------------|
|  PETROBRAS | ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA | Nº: ET-3010.00-1260-010-PNG-140 | REV. 0 |
| | CLIENTE: E&P | FOLHA: 2 de 14 | |
| | TÍTULO: QUALIFICAÇÃO DE CLARIFICANTE À BASE DE CARBAMIDA | | GPP-E&P/POAEP/PMPQ/TPFPQ |

SUMÁRIO

| | |
|---|----|
| 1. Introdução | 3 |
| 2. Referências normativas..... | 3 |
| 3. Requisitos iniciais | 3 |
| 4. Requisitos para qualificação do clarificante base carbamida..... | 4 |
| 4.1. Materiais..... | 4 |
| 4.2. Ensaio para determinação da concentração ótima do produto..... | 6 |
| 4.3. Ensaio para avaliação de desempenho..... | 7 |
| 4.3.1. Planejamento experimental..... | 7 |
| 4.3.2. Ensaio para avaliação de desempenho..... | 8 |
| 4.3.3. Cálculo da eficiência de desempenho..... | 10 |
| 5. Apresentação dos resultados | 11 |
| 5.1. Apresentação dos resultados da determinação da concentração ótima do produto | 11 |
| 5.2. Apresentação dos resultados da avaliação de desempenho | 11 |
| 6. Critério de aprovação | 12 |
| Anexo A – Condição de alimentação (TOG ₀) e uniformidade | 13 |

| | | | |
|---|---|--|----------------|
|  PETROBRAS | ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA | Nº: ET-3010.00-1260-010-PNG-140 | REV. 0 |
| | CLIENTE: E&P | FOLHA: 3 de 14 | |
| | TÍTULO: QUALIFICAÇÃO DE CLARIFICANTE À BASE DE CARBAMIDA | GPP-E&P/POAEP/PMPQ/TPFPQ | PÚBLICO |

1. INTRODUÇÃO

Este documento define os requisitos de qualificação de CLARIFICANTE À BASE DE CARBAMIDA para tratamento de água produzida em instalações de produção de petróleo.

Os requisitos de qualificação da carbamida têm por objetivo avaliar, por meio de ensaios laboratoriais, sua eficiência na remoção da fração dispersa de óleo. Os testes realizados contemplam variáveis como pH, tempo de agitação, concentração e tempo de injeção de gás, com ênfase na redução do teor de óleo e graxa (TOG) e na estabilidade dos flocos formados.

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 D2035: *Standard Practice for Coagulation-Flocculation Jar Test of Water*;
- ASTM E70: *Standard Test Method for pH of Aqueous Solutions with the Glass Electrode*;
- API RP 45: Recommended Practice for Analysis of Oilfield Waters - Recommended Practice45 Third edition, August 1998. Reafirmada em 2012.

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 clarificante à base carbamida 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 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 500 mL (divididos em dois frascos de 250 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;

| | | | |
|---|---|--|----------------|
|  PETROBRAS | ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA | Nº: ET-3010.00-1260-010-PNG-140 | REV. 0 |
| | CLIENTE: E&P | FOLHA: 4 de 14 | |
| | TÍTULO: QUALIFICAÇÃO DE CLARIFICANTE À BASE DE CARBAMIDA | GPP-E&P/POAEP/PMPQ/TPFPQ | PÚBLICO |

- 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 CLARIFICANTE BASE CARBAMIDA

A avaliação de desempenho do clarificante base carbamida em laboratório é um dos requisitos a ser considerado, e tem por objetivo selecionar produto candidato para um teste de campo. Um bom desempenho do produto em laboratório é evidenciado visualmente, também atendendo aos seguintes parâmetros:

- Clarificação da água tratada (sem identificação visual de partículas em suspensão);
- Posicionamento dos flocos formados no topo do jarro de teste (em testes de flotação a gás induzido);
- Redução média do TOG na água tratada (TOG inicial ou TOG₀ versus TOG residual ou final TOG_F), de acordo com o planejamento experimental do item 4.3.1 e critérios de aprovação do item 6.
- Os valores de TOG₀ devem obedecer a um critério de uniformidade nos experimentos. O Anexo A, ao final dessa Especificação Técnica, descreve tal critério.

Para a etapa de laboratório serão utilizadas amostras de água produzida e óleo coletados em campo, a serem disponibilizadas pela PETROBRAS, visando determinar a condição ótima de desempenho e dosagem do produto.

O desempenho do produto depende das características físico-químicas da água produzida de cada campo produtor e de demais variáveis de processo. Para avaliar o comportamento da atuação do clarificante no tratamento de água produzida, será necessário avaliar diferentes parâmetros, conforme orientações dos itens a seguir.

4.1. Materiais

- 60 L de água produzida, representativa de cada cenário de avaliação, fornecido pela PETROBRAS conforme oportunidade;
- 20 L de amostra de petróleo, representativo de cada cenário de avaliação, fornecido pela PETROBRAS conforme oportunidade;
- Ácido Acético na concentração de 75 %;
- Solução de NaOH (1 N ou 0,1 N), para ajuste de pH;

| | | | |
|---|---|--|-------------------------------------|
|  PETROBRAS | ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA | Nº: ET-3010.00-1260-010-PNG-140 | REV. 0 |
| | CLIENTE: E&P | FOLHA: 5 de 14 | |
| | TÍTULO: QUALIFICAÇÃO DE CLARIFICANTE À BASE DE CARBAMIDA | | GPP-E&P/POAEP/PMPQ/TPFPQ |
| | | | PÚBLICO |

- (e) Solução de HCl para preservação de amostras de TOG gravimétrico e espectrofotométrico, quando cabível;
- (f) Funil de Separação;
- (g) pHmetro;
- (h) Espectrofotômetro para análise de TOG por absorção molecular;
- (i) Conjunto de jarros com palhetas (*jar test* ou similar);
- (j) Pipetas automáticas;
- (k) Frascos de vidro;
- (l) Coluna de flotação com agitador mecânico e placa porosa. Como exemplo, na PETROBRAS é usada uma coluna de flotação com os detalhes construtivos presentes na Figura 1 e na Figura 2;
- (m) Equipamento de homogeneização de alto desempenho (Ultra-turrax® ou similar).

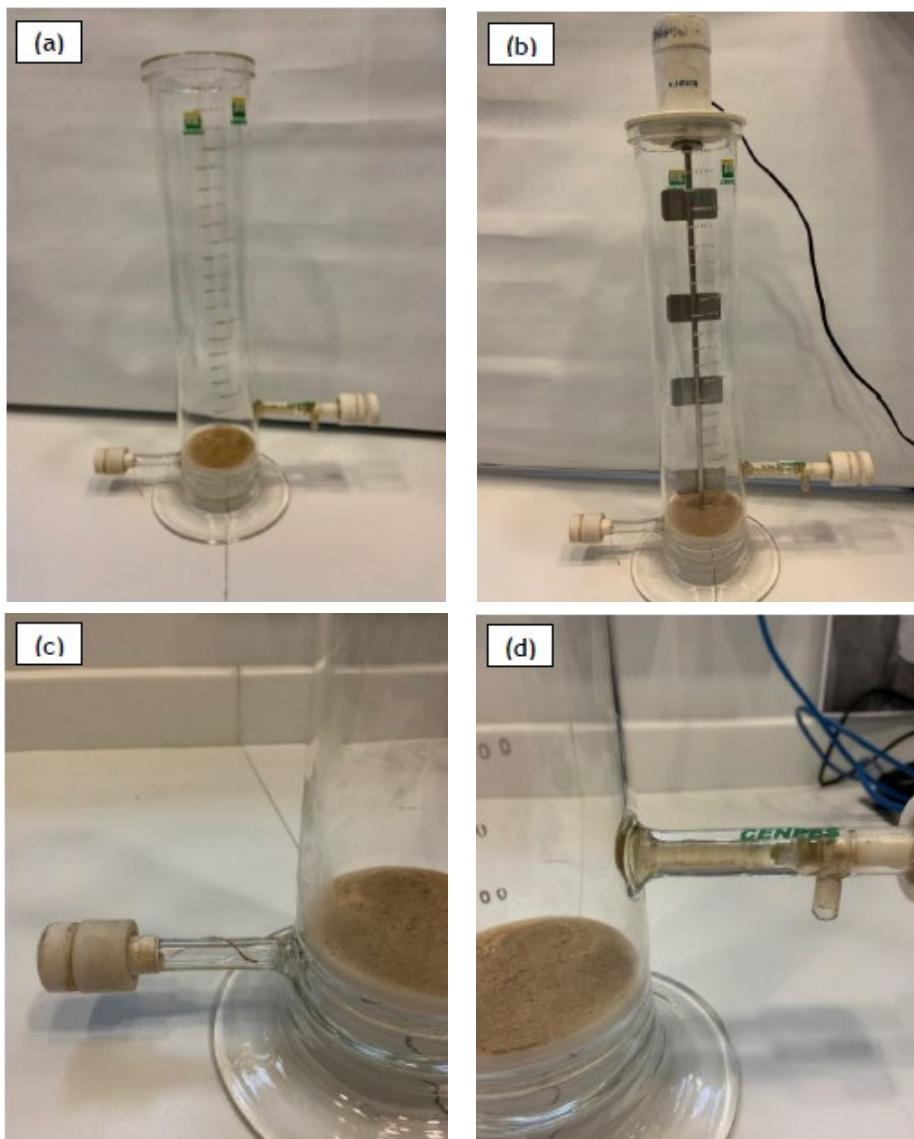


Figura 1– Aparato experimental usado pela Petrobras para os testes. (a) Coluna de flotação vazia, (b) coluna de flotação com agitador acoplado, (c) conexão para entrada de ar comprimido abaixo da placa porosa e (d) detalhe da posição do ponto de retirada de amostra do efluente tratado.

| | | | |
|---|---|--|-------------------------------------|
|  PETROBRAS | ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA | Nº: ET-3010.00-1260-010-PNG-140 | REV. 0 |
| | CLIENTE: E&P | FOLHA: 6 de 14 | |
| | TÍTULO: QUALIFICAÇÃO DE CLARIFICANTE À BASE DE CARBAMIDA | | GPP-E&P/POAEP/PMPQ/TPFPQ |
| | | | PÚBLICO |

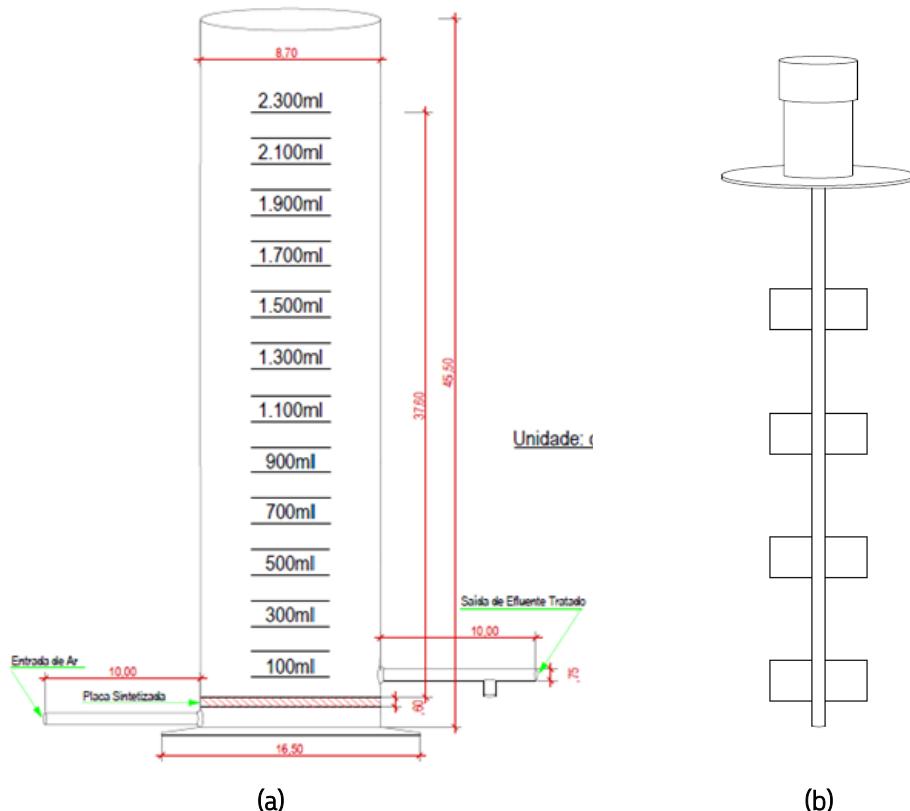


Figura 2- Detalhes construtivos da coluna de flotação usada pela Petrobras para os testes. Volume máximo: 2.500 mL, Altura total: 45,5 cm, Altura entre placa porosa e o topo: 37,6 cm, Diâmetro da base: 16,5 cm, Diâmetro interno da coluna: 8,7 cm.

4.2. Ensaio para determinação da concentração ótima do produto

Produtos que apresentam bom desempenho na condição de pH natural (sem acidificação), podem ter piora de desempenho em outras condições de pH (acidificação com ácido acético). Portanto, é aconselhado verificar a condição de dosagem ótima nas 2 (duas) condições diferentes de pH: 5,0 e 7,0.

Esse procedimento tem por objetivo, identificar a menor concentração de clarificante que resulte na menor concentração de TOG final, para as duas condições de pH informadas. A escolha das dosagens do clarificante (matriz de teste) fica a critério do FORNECEDOR, respeitando o limite máximo de 50 ppm para o produto.

- Verter 450 mL de água produzida para um bêcher;
- Ajustar o pH da solução para o valor alvo com hidróxido de sódio (1 e/ou 0,1 N) ou ácido acético 75 %, conforme o caso;
- Verter a água produzida com o pH ajustado para um funil de decantação de 1 L;
- Acrescentar 50 mL de petróleo;
- Agitar as fases por 2 min;
- Aguardar a decantação por 5 min;
- Caso tenha ocorrido um deslocamento do valor do pH, ajustar esse parâmetro para o valor alvo e repetir os passos anteriores;

| | | | |
|---|---|--|----------------|
|  PETROBRAS | ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA | Nº: ET-3010.00-1260-010-PNG-140 | REV. 0 |
| | CLIENTE: E&P | FOLHA: 7 de 14 | |
| | TÍTULO: QUALIFICAÇÃO DE CLARIFICANTE À BASE DE CARBAMIDA | GPP-E&P/POAEP/PMPQ/TPFPQ | PÚBLICO |

- (h) Segregar a fase aquosa para um recipiente contendo uma torneira;
- (i) Repetir o procedimento acima até gerar volume de emulsão, sem óleo livre, suficiente para realização da matriz de teste arbitrada pelo FORNECEDOR;
- (j) Verter cerca de 300 mL da emulsão produzida em cada bêcher do teste de jarro;
- (k) Adicionar o clarificante, na concentração arbitrada pelo FORNECEDOR, em cada bêcher dispersando o produto sob agitação rápida (400 rpm) por 30 segundos;
- (l) Seguir com 10 minutos de agitação lenta (50 rpm);
- (m) E por fim, 10 minutos de decantação;
- (n) Coletar 50 mL para medição de TOG disperso (espectrofotometria no UV/Visível);
- (o) Ao final, o FORNECEDOR deve indicar a dosagem ótima dos produtos, que resultou no menor TOG final, para cada condição de pH alvo (5,0 e 7,0).

As concentrações ótimas também deverão constar no relatório de testes a ser entregue à PETROBRAS, apesar dos resultados serem de caráter informativo. Reportar as condições de teste e o resultado conforme indicado no item 5.1.

4.3. Ensaio para avaliação de desempenho

4.3.1. Planejamento experimental

Para o planejamento de experimentos foi utilizado o assistente de DOE – *Design of Experiments* do Minitab (software estatístico), associado à experiência da equipe técnica envolvida para definição das variáveis e limites. Em seguida, determina-se um modelo que possa ser usado para identificar configurações de fatores que otimizem a resposta desejada.

Ao longo do processo de criação e análise dos experimentos, foram identificados os fatores mais importantes e configurações de fatores que otimizam a resposta desejada. O assistente fornece um subconjunto de recursos de DOE disponíveis no Minitab em um formato de estrutura que simplifica o processo de criação e análise de experimentos.

O objetivo é avaliar, em condições laboratoriais controladas e representativas de água produzida *offshore*, a eficácia do clarificante base carbamida em reduzir o TOG (Teor de Óleos e Graxas), de modo a subsidiar a seleção de produto e a definição de dosagem e condições operacionais para aplicação em plataformas de petróleo. Esse planejamento permitirá:

- Maior rendimento informacional por ensaio (*screening* rápido);
- Quantificar o desempenho de remoção de TOG, reportando redução percentual R(%) e redução absoluta (mg/L) com base na resposta primária (TOG espectrofotométrico);
- Quantificar o desempenho do produto e identificar as condições que maximizam a remoção de TOG, variando: concentração do produto, temperatura, pH, tempo de agitação rápida e lenta e tempo de injeção de gás;
- Estimar a janela operacional robusta (sensibilidade às variáveis) para o teste de campo.

A Tabela I ilustra as condições das variáveis a serem consideradas nos testes e, na sequência, apresenta-se o plano experimental a ser executado:

| | | | | |
|---|---|--|--|----------------|
|  PETROBRAS | ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA | | Nº: ET-3010.00-1260-010-PNG-140 | REV. 0 |
| | CLIENTE: E&P | | FOLHA: 8 de 14 | |
| | TÍTULO: QUALIFICAÇÃO DE CLARIFICANTE À BASE DE CARBAMIDA | | GPP-E&P/POAEP/PMPQ/TPFPQ | |
| | | | | PÚBLICO |

Tabela I – Condições das variáveis a serem consideradas nos testes.

| Variáveis | | | | | |
|--------------------|------------------|-----------|-------------------------------|------------------------------|--------------------|
| Concentração (ppm) | Temperatura (°C) | pH | Tempo de agitação lenta (min) | Tempo de agitação rápida (s) | Injeção de gás (s) |
| 20 e 50 | 25 e 60 | 5,0 e 7,0 | 2 e 10 | 5 e 30 | 5 e 30 |

Os testes deverão ser conduzidos segundo a matriz experimental da Tabela II, e deverão ser realizados em duplicata:

Tabela II – Matriz experimental a ser considerada nos testes.

| Nº do teste | pH | Agitação rápida (s) | Agitação lenta (min) | Concentração (ppm) | Temperatura (°C) | Tempo de injeção de gás (s) |
|-------------|----|---------------------|----------------------|--------------------|------------------|-----------------------------|
| 1 | 5 | 30 | 10 | 50 | 60 | 5 |
| 2 | 7 | 5 | 10 | 20 | 60 | 5 |
| 3 | 7 | 5 | 10 | 50 | 25 | 30 |
| 4 | 5 | 5 | 10 | 50 | 25 | 5 |
| 5 | 5 | 30 | 10 | 20 | 25 | 30 |
| 6 | 7 | 30 | 2 | 50 | 25 | 5 |
| 7 | 5 | 5 | 2 | 20 | 25 | 5 |
| 8 | 7 | 30 | 2 | 20 | 60 | 30 |
| 9 | 7 | 30 | 10 | 50 | 60 | 30 |
| 10 | 5 | 5 | 2 | 50 | 60 | 30 |
| 11 | 7 | 5 | 2 | 20 | 25 | 30 |
| 12 | 7 | 5 | 2 | 50 | 60 | 5 |
| 13 | 5 | 5 | 10 | 20 | 60 | 30 |
| 14 | 5 | 30 | 2 | 50 | 25 | 30 |
| 15 | 7 | 30 | 10 | 20 | 25 | 5 |
| 16 | 5 | 30 | 2 | 20 | 60 | 5 |

4.3.2. Ensaio para avaliação de desempenho

Os testes de jarro devem ser conduzidos com incorporação mecânica entre 170 ± 20 mg/L de óleo às amostras de água produzida de campo, com distribuição mediana (D50) de cerca de 20 μm obtida por meio das etapas a seguir (vide Figura 3):

- Transferir 1600 mL da água produzida do cenário para um bêcher de 2 L;
- Adicionar hidróxido de sódio (1 e/ou 0,1 N) ou ácido acético 75 %, para ajuste do pH da água produzida ao pH alvo;
- Posicionar um dispersor (Ultra-Turrax® ou similar), de forma que a ponta da haste do rotor-estator permaneça 5 cm submersa;
- Ligar o dispersor, ajustando a rotação para 15.000 rpm;

| | | | |
|---|---|--|----------------|
|  PETROBRAS | ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA | Nº: ET-3010.00-1260-010-PNG-140 | REV. 0 |
| | CLIENTE: E&P | FOLHA: 9 de 14 | |
| | TÍTULO: QUALIFICAÇÃO DE CLARIFICANTE À BASE DE CARBAMIDA | GPP-E&P/POAEP/PMPQ/TPFPQ | PÚBLICO |

- (e) Ajustar a altura do dispersor, de forma a assegurar a sucção do topo da coluna de água produzida;
- (f) Por meio de uma seringa, adicionar 5 mL de óleo do cenário próximo a região de sucção do rotor-estator;
- (g) Manter o dispersor acionado por pelo menos 10 minutos ou tempo o suficiente para atingir a concentração final requerida para o estudo. Pode ser necessário adicionar um volume adicional de óleo para atingir o teor de óleo 120 ± 20 ppm;
- (h) Desligar o dispersor e, na sequência, transferir o conteúdo do bêcher para um funil de decantação;
- (i) Aguardar cerca de 1 minuto para segregação da fração livre de óleo;
- (j) Por meio da válvula inferior do cilindro, transferir para recipientes apropriados 2×300 mL da emulsão para medição do TOG espectrofotométrico (TOG_{inicial});
- (k) Transferir cerca de 1000 mL da emulsão resultante para o cilindro de vidro com placa porosa;
- (l) Adicionar o clarificante;
- (m) Realizar a etapa de mistura rápida;
- (n) Realizar a etapa da mistura lenta;
- (o) Realizar a etapa de aeração por 30 segundos;
- (p) Manter o sistema em repouso por mais 10 segundos;
- (q) Por meio da válvula do cilindro, dispersar cerca de 20 mL da emulsão tratada;
- (r) Transferir para recipientes apropriados 2×300 mL da água tratada para determinação do TOG espectrofotométrico (TOG_{final}).

Realizar o registro fotográfico ao final das etapas: (j), (k), (m) e (o). Incluir as imagens registradas no relatório de testes, incluindo o registro de observações sobre as etapas. Informar também o volume de NaOH (1 N e/ou 0,1 N) e de ácido acético 75 % utilizado para ajuste do pH até o valor alvo, nos casos aplicáveis.

| | | | | |
|---|--|--|---|----------------------|
|  PETROBRAS | ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA | | Nº: ET-3010.00-1260-010-PNG-140 | REV. 0 |
| | CLIENTE: E&P | | FOLHA: 10 de 14 | |
| | TÍTULO: QUALIFICAÇÃO DE CLARIFICANTE À BASE DE CARBAMIDA | | GPP-E&P/POAEP/PMPQ/TPFPQ | PÚBLICO |

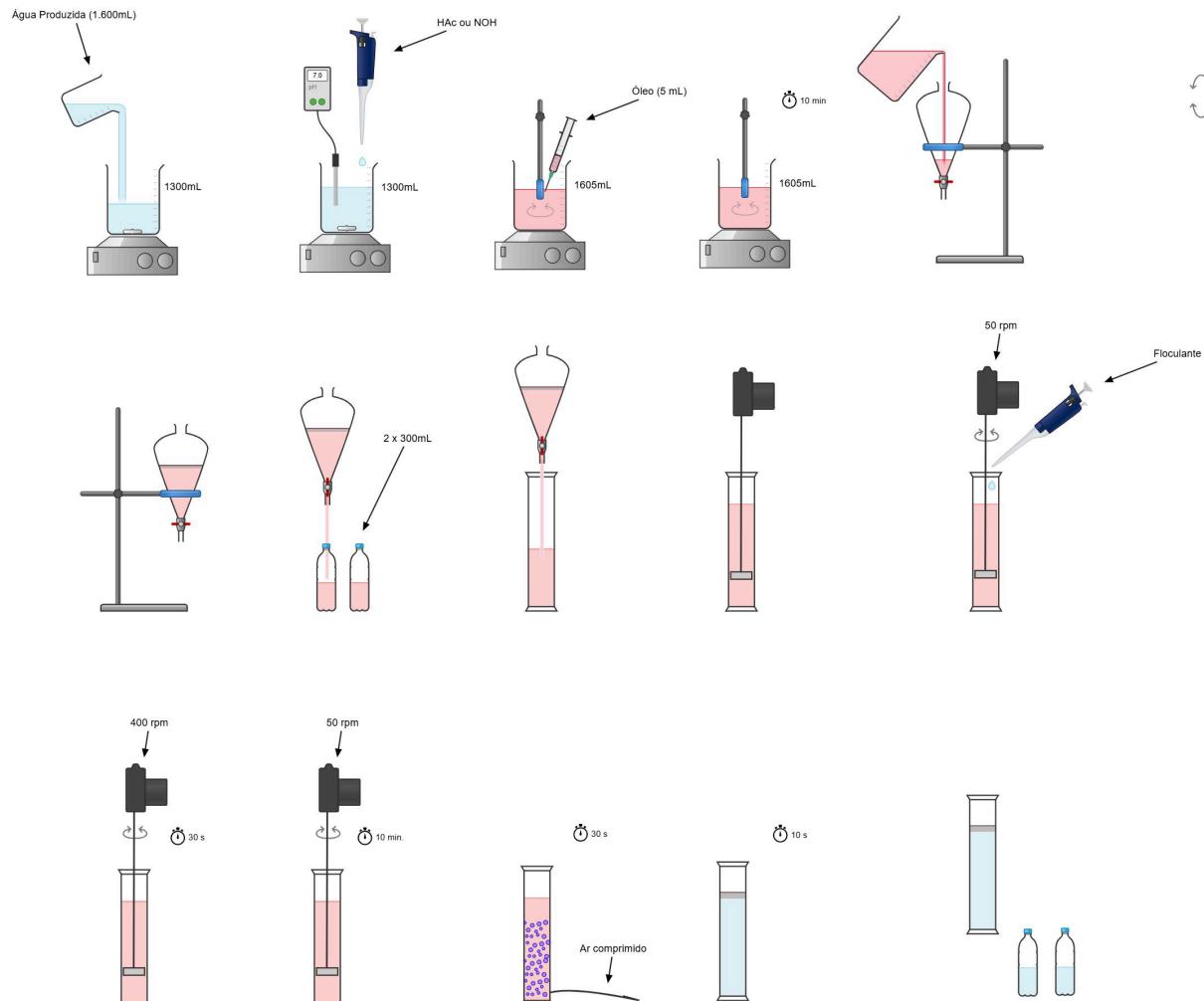


Figura 3- Esquema simplificado da condução dos testes de jarro com água produzida coletada em campo.

4.3.3.Cálculo da eficiência de desempenho

Importante considerar que as variáveis temperatura, tempo de agitação rápida, tempo de agitação lenta, tempo de aeração, tempo de injeção de gás no flotador de bancada, em geral, possuem uma relação direta com a performance do produto/carbamida.

A eficiência de remoção de TOG será calculada conforme a equação 1 pela razão entre a diferença do TOG inicial (condição referência) e TOG final, sobre o TOG inicial (referência), nas condições elencadas na tabela I e planejamento experimental para cada cenário:

$$R(\%)_{clar.} = \frac{(TOG_0 - TOG_F)}{(TOG_0)} \times 100 \quad \text{Eq. (1)}$$

Onde:

$R(\%)_{clar.}$ é a eficiência do clarificante em %;

TOG_0 é o TOG inicial (condição referência) em mg/L;

TOG_F é o TOG final em mg/L.

| | | | | |
|---|---|--|--|----------------|
|  PETROBRAS | ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA | | Nº: ET-3010.00-1260-010-PNG-140 | REV. 0 |
| | CLIENTE: E&P | | FOLHA: 11 de 14 | |
| | TÍTULO: QUALIFICAÇÃO DE CLARIFICANTE À BASE DE CARBAMIDA | | GPP-E&P/POAEP/PMPQ/TPFPQ | |
| | | | | PÚBLICO |

Reportar as condições de teste e o resultado conforme indicado no item 5.2. Considerar os critérios de aprovação conforme item 6.

5. APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

Deve ser apresentado relatório de testes do produto conforme instruções do item 3 (Requisitos iniciais) e do item 4 (Requisitos de qualificação do clarificante base carbamida).

5.1. Apresentação dos resultados da determinação da concentração ótima do produto

A apresentação dos resultados da determinação da concentração ótima de clarificante deve ser conforme o exemplo da Tabela III.

Tabela III – Resultado da determinação da concentração ótima usando clarificante.

| Condição | Concentração ótima (ppm) |
|----------|---|
| | [Nome experimental/comercial do clarificante] |
| pH = 5,0 | |
| pH = 7,0 | |

5.2. Apresentação dos resultados da avaliação de desempenho

Os resultados dos testes de TOG espectrofotométrico, bem como as variáveis iniciais também devem ser apresentados na forma de tabela, conforme exemplo da Tabela IV.

Tabela IV – Apresentação dos resultados de TOG.

| Nº do teste | Variáveis consideradas no planejamento dos experimentos | | | | | | Resultados | | |
|-------------|---|---------------------|----------------------|--------------------|------------------|-----------------------------|-------------------|-----------------|------|
| | pH | Agitação rápida (s) | Agitação lenta (min) | Concentração (ppm) | Temperatura (°C) | Tempo de injeção de gás (s) | TOG inicial (ppm) | TOG final (ppm) | R(%) |
| 1 | 5 | 30 | 10 | 50 | 60 | 5 | | | |
| 2 | 7 | 5 | 10 | 20 | 60 | 5 | | | |
| 3 | 7 | 5 | 10 | 50 | 25 | 30 | | | |
| 4 | 5 | 5 | 10 | 50 | 25 | 5 | | | |
| 5 | 5 | 30 | 10 | 20 | 25 | 30 | | | |
| 6 | 7 | 30 | 2 | 50 | 25 | 5 | | | |
| 7 | 5 | 5 | 2 | 20 | 25 | 5 | | | |
| 8 | 7 | 30 | 2 | 20 | 60 | 30 | | | |
| 9 | 7 | 30 | 10 | 50 | 60 | 30 | | | |
| 10 | 5 | 5 | 2 | 50 | 60 | 30 | | | |
| 11 | 7 | 5 | 2 | 20 | 25 | 30 | | | |
| 12 | 7 | 5 | 2 | 50 | 60 | 5 | | | |
| 13 | 5 | 5 | 10 | 20 | 60 | 30 | | | |
| 14 | 5 | 30 | 2 | 50 | 25 | 30 | | | |
| 15 | 7 | 30 | 10 | 20 | 25 | 5 | | | |
| 16 | 5 | 30 | 2 | 20 | 60 | 5 | | | |
| | | | | | | | Média | | |

| | | | |
|---|---|--|----------------|
|  PETROBRAS | ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA | Nº: ET-3010.00-1260-010-PNG-140 | REV. 0 |
| | CLIENTE: E&P | FOLHA: 12 de 14 | |
| | TÍTULO: QUALIFICAÇÃO DE CLARIFICANTE À BASE DE CARBAMIDA | GPP-E&P/POAEP/PMPQ/TPFPQ | PÚBLICO |

Deve ser apresentado no relatório de testes o registro fotográfico das etapas com comentários e observações ocorridas durante o teste. Informar também o volume de NaOH (1 N e/ou 0,1 N) e de ácido acético 75 % utilizado para ajuste do pH até o valor alvo, nos casos aplicáveis.

6. CRITÉRIO DE APROVAÇÃO

Os critérios de aprovação citados nessa especificação técnica são apenas válidos para o ensaio de bancada, sendo considerada uma etapa necessária para seleção do produto que será indicado para teste em campo.

As informações fornecidas através do relatório dos FORNECEDORES serão confirmadas por ensaios análogos a serem realizados no CENPES, seguindo o mesmo planejamento de experimentos e utilizando a mesma água produzida e óleo fornecidos às empresas.

O produto será considerado aprovado no protocolo de teste de bancada, se os seguintes requisitos forem comprovados:

- Resultado do teste de eficiência, R(%), considerando a média mínima global igual ou superior a 45 %, com base no conjunto completo de testes (16 corridas);
- A diferença de eficiência entre os resultados do relatório do FORNECEDOR e os ensaios análogos do CENPES deve ser de até 15 %, considerando-se o mesmo procedimento, o mesmo planejamento e amostras de mesma origem (reprodutibilidade).

| | | | |
|---|---|--|-------------------------------------|
|  PETROBRAS | ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA | Nº: ET-3010.00-1260-010-PNG-140 | REV. 0 |
| | CLIENTE: E&P | FOLHA: 13 de 14 | |
| | TÍTULO: QUALIFICAÇÃO DE CLARIFICANTE À BASE DE CARBAMIDA | | GPP-E&P/POAEP/PMPQ/TPFPQ |
| | | | PÚBLICO |

ANEXO A – CONDIÇÃO DE ALIMENTAÇÃO (TOG₀) E UNIFORMIDADE

1. Objetivo

Garantir **comparabilidade** entre proponentes exigindo que o teor inicial de óleo e graxa (TOG₀) nas corridas do DOE esteja em **faixa controlada** e com **distribuição aproximadamente uniforme**.

2. Faixa obrigatória de TOG₀

- Cada corrida deve apresentar TOG₀ ∈ [100; 400] mg/L (inclusive).
- Corridas fora da faixa são **inválidas** e devem ser **repetidas**.

3. Regra de uniformidade (16 corridas)

Dividir a faixa em **quatro subfaixas (bins) iguais**:

- B1: [100; 175) mg/L
- B2: [175; 250) mg/L
- B3: [250; 325) mg/L
- B4: [325; 400] mg/L

Exigência: distribuição **aproximadamente uniforme** com alvo 4 corridas por bin e tolerância ±1 por bin, mantendo o total **n = 16**.

Exemplo de conformidade: b1=4, b2=3, b3=4, b4=5 (OK).

Exemplo de não conformidade: b1=6, b2=2, b3=6, b4=2 (excede a tolerância).

4. Medição e rastreabilidade

- TOG₀ deve ser medido **antes da adição do produto** em cada corrida.
- Registrar: data/hora, identificador da amostra/lote, operador, condições de coleta.

5. Aceitação e saneamento

- Aceita-se a condição de alimentação quando **todas** as corridas estiverem na **faixa do item 2** e a contagem por bin atender à **tolerância** do item 3.
- **Não conformidade:**
 - Corridas **fora de** [100; 400] mg/L → **repetir**.
 - Uniformidade **não atendida** → realizar **corridas adicionais** nas subfaixas deficitárias, substituindo as excedentes, até cumprir o item 3.
- **Prazos de saneamento** conforme cronograma do edital.

6. Verificação (opcional)

A critério da contratante, poderá ser aplicado **teste qui-quadrado de aderência** ($\alpha=5\%$) às contagens b1-b4. A aprovação no teste **não dispensa** o atendimento explícito da **faixa** e da **tolerância por bin**.

| | | | |
|---|---|--|-------------------------------------|
|  PETROBRAS | ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA | Nº: ET-3010.00-1260-010-PNG-140 | REV. 0 |
| | CLIENTE: E&P | FOLHA: 14 de 14 | |
| | TÍTULO: QUALIFICAÇÃO DE CLARIFICANTE À BASE DE CARBAMIDA | | GPP-E&P/POAEP/PMPQ/TPFPQ |
| | | | PÚBLICO |

7. Entregáveis (planilha e relatório)

- Planilha com TOG₀ por corrida e **tabela de contagem** por bin (b1–b4) com indicador **OK/NC**.
- **Histograma 4-bins** de TOG₀.
- **Resumo de qa/qc**: método, equipamentos, certificados de calibração e controles analíticos.

Observação: o atendimento deste Anexo é pré-requisito para a apuração da Proposta Técnica.