

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA		Nº: ET-3010.00-1260-010-PNG-036				
	CLIENTE: E&P					FOLHA: 1 de 27	
	PROGRAMA: -						
	ÁREA: -						
		TÍTULO: QUALIFICAÇÃO DE PRODUTOS QUÍMICOS PARA INJEÇÃO SUBMARINA			GIA-E&P/EAEP/EOPM		
					PÚBLICO		
ÍNDICE DE REVISÕES							
REV.	DESCRIÇÃO E/OU FOLHAS ATINGIDAS						
0	Revisão Original. Revisão geral. este documento substitui o documento nº ET-3010.00-1260-010-PWT-001.						
A	Revisão geral.						
B	Revisão geral para inclusão do cenário de testes de produtos para injeção via <i>gas lift</i> .						
C	Correções na tabela 1. Revisão geral no item 5.						
D	Revisão da tabela 2. Alteração do texto no item 5.8. Revisão das tabelas 13 e 15.						
E	Alteração no texto do item 4; correções nos itens 5.3, 5.4, 5.6.1 e 5.8. Exclusão de intervalo de teste no item 5.5. Ajustes de numeração de tabelas e referências. Revisão geral do texto.						
F	Correção da tabela 9.						
G	Revisão do item 5.8. Revisão geral para inclusão de tabela de resultados após cada item do capítulo 5. Renumeração das tabelas.						
H	Atualização da formatação segundo norma PETROBRAS N-0381 rev. M. Correção na tabela 19 do item 5.8.2 - Teor mínimo de Etanol Umbilical correto é 2,4 (massa inibidor/massa de água). Revisão do item 5.8.3 com a inclusão das condições para cálculo do envelope de estabilidade de hidratos. Ajuste geral na ordem numérica das figuras e tabelas.						
		REV. F	REV. G	REV. H	REV. C	REV. D	REV. E
DATA		17/07/2020	04/11/2021	20/06/2023	02/08/2018	01/08/2019	01/06/2020
EXECUÇÃO		B97J	B97J	BE3W	B97J	B97J	B97J
VERIFICAÇÃO		EK6A	CXBW	EK6A	EK6A	EK6A	EK6A
APROVAÇÃO		CJCL	CJCL	CJCL	CLJ1	CLJ1	CJCL
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-036	REV. H
	CLIENTE: E&P	FOLHA: 2 de 27	
	TÍTULO: QUALIFICAÇÃO DE PRODUTOS QUÍMICOS PARA INJEÇÃO SUBMARINA	GIA-E&P/EAEP/EOPM	
		PÚBLICO	
Sumário			
1. Objetivo	3		
2. Documentos de referência	3		
3. Introdução.....	4		
3.1. Sistema de injeção via umbilical na ANM.....	4		
3.2. Sistema de injeção via umbilical <i>downhole</i>	4		
3.3. Sistema de injeção via <i>gas lift</i>	6		
4. Informações preliminares do sistema	9		
5. Testes de qualificação	9		
5.1. Estabilidade térmica	10		
5.2. <i>Cold stress test</i> e <i>Hot stress test</i>	11		
5.3. Estabilidade dinâmica.....	12		
5.4. Perda de solvente.....	13		
5.5. Compatibilidade com solventes	15		
5.5.1. Para cenários de injeção via umbilical na ANM e <i>downhole</i>	17		
5.5.2. Para cenários de injeção via <i>gas lift</i>	17		
5.6. Escoamento – viscosidade e massa específica	17		
5.6.1. Viscosidade	17		
5.6.2. Massa específica.....	18		
5.7. Corrosividade	18		
5.7.1. Para cenários de injeção via umbilical na ANM e <i>downhole</i>	18		
5.7.2. Para cenários de injeção via <i>gas lift</i>	19		
5.8. Hidratos.....	21		
5.8.1. Produtos que não contêm água.....	21		
5.8.2. Produtos que contêm água e inibidor termodinâmico (etanol ou MEG).....	22		
5.8.3. Produtos que contêm água e inibidor termodinâmico diferente de etanol e de MEG.....	22		
5.9. Teor de sólidos	23		
5.10. Compatibilidade com materiais não metálicos.....	24		
6. Relatório	27		

 PETROBRAS	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Nº: ET-3010.00-1260-010-PNG-036	REV. H
	CLIENTE: E&P	FOLHA: 3 de 27	
	TÍTULO: QUALIFICAÇÃO DE PRODUTOS QUÍMICOS PARA INJEÇÃO SUBMARINA	GIA-E&P/EAEP/EOPM	
		PÚBLICO	

1. OBJETIVO

Definir o protocolo de testes experimentais e requisitos para a qualificação de produtos químicos para injeção submarina em três cenários: via umbilical na ANM (árvore de natal molhada), via umbilical *downhole* (no fundo do poço através de válvula de injeção de produtos químicos) e via *gas lift*.

Uma vez definidos os cenários de aplicação do produto químico a ser qualificado, o fabricante deve apresentar documentação comprovando que ele atende as respectivas especificações para cada cenário, que constam nesta ET.

Vale ressaltar que este documento se destina à qualificação de produtos para uso no E&P.

Os produtos químicos utilizados para injeção submarina são:

- inibidores de incrustação;
- sequestrantes de H₂S;
- etanol (inibidor termodinâmico de hidratos);
- inibidores de hidrato de baixa dosagem (LDHIs – *low dosage hydrate inhibitors*);
- monoetilenoglicol, MEG (inibidor de hidratos);
- inibidores de parafinas;
- inibidores de asfaltenos;
- melhoradores de escoamento;
- desemulsificantes;
- inibidores de corrosão;
- produtos “combo” ou multifuncionais (combinação de dois ou mais dos produtos acima).

2. DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

API 17TR2	<i>The Ageing of PA-11 in Flexible Pipes;</i>
API 17TR5	<i>Avoidance of Blockages in Subsea Production Control and Chemical Injection Systems;</i>
API 17TR6	<i>Attributes of Production Chemicals in Subsea Production Systems;</i>
ASTM G31	<i>Standard Guide for Laboratory Immersion Corrosion Testing of Metals;</i>
ISO 10523	<i>Water quality—Determination of pH;</i>
ISO 23936-1	<i>Petroleum, Petrochemical and Natural Gas Industries – Non-metallic Materials in Contact with Media Related to Oil and Gas Production – Part 1: Thermoplastics;</i>
ISO 23936-2	<i>Petroleum, Petrochemical and Natural Gas Industries – Non-metallic Materials in Contact with Media Related to Oil and Gas Production – Part 1: Elastomers;</i>
SAE AS4059	<i>Aerospace Fluid Power - Cleanliness Classification for Hydraulic Fluids;</i>
SPE 154934	<i>Qualification Procedure for Continuous Injection of Chemicals in the Well - Method Development – 2012;</i>
ISO 3219	<i>Plastics – Polymers/Resins in the Liquid State or as Emulsions or Dispersions – Determination of viscosity using a rotational viscometer with defined shear rate.</i>

 PETROBRAS	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Nº: ET-3010.00-1260-010-PNG-036	REV. H
	CLIENTE: E&P	FOLHA: 4 de 27	
	TÍTULO: QUALIFICAÇÃO DE PRODUTOS QUÍMICOS PARA INJEÇÃO SUBMARINA	GIA-E&P/EAEP/EOPM	
		PÚBLICO	

3. INTRODUÇÃO

O uso de produtos químicos tem um importante papel no aumento da produção de óleo e gás. Eles controlam corrosão, previnem deposições orgânicas e inorgânicas, melhoram o escoamento, neutralizam H₂S e ajudam na separação de fases água e óleo.

Como os custos associados a qualquer tipo de intervenção para manutenção em sistemas de injeção submarina são muito altos, é necessário, portanto, um conjunto de especificações e boas práticas para mantermos a confiabilidade e a funcionalidade desses sistemas.

3.1. Sistema de injeção via umbilical na ANM

Os umbilicais eletro-hidráulicos conectam a superfície com a ANM, sendo um único conjunto (apresentado na Figura 1) que contém umbilicais elétricos, hidráulicos e químicos. Na ANM pode ocorrer a injeção do produto químico ou seu direcionamento para a injeção *downhole*, caso se opte por esse tipo de injeção.

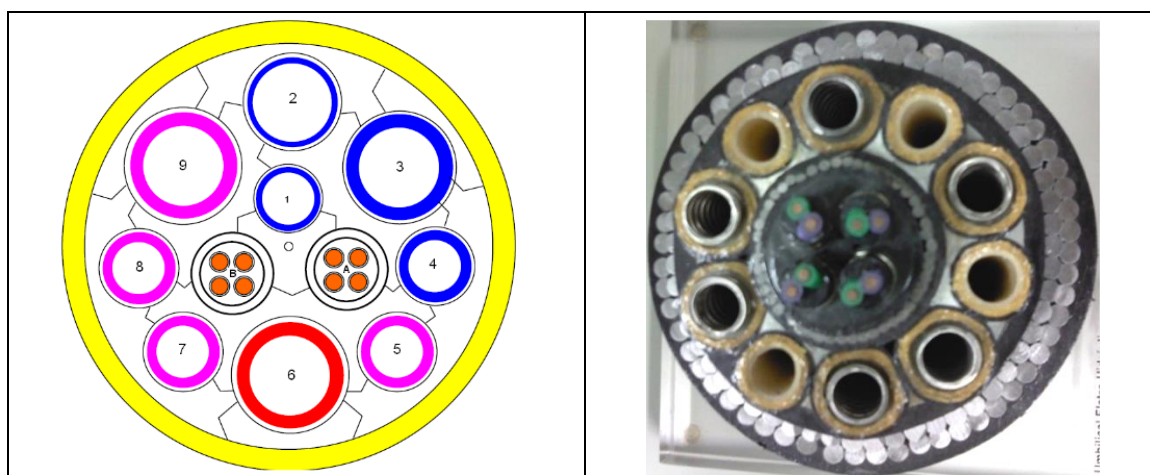


Figura 1– À esquerda o exemplo de um conjunto de umbilicais. A e B: umbilicais elétricos, 1 a 4: hidráulicos e de 5–9: de produtos químicos. À direita exemplo de um umbilical padrão.

Os umbilicais normalmente utilizados para a injeção de produtos químicos são geralmente de 0,5 in de diâmetro, do tipo HCR (*high collapse resistance*) e, além do Nylon 11, são constituídos por metal intertravado dobrado, geralmente em aço inox AISI 316, conforme apresentado na Figura 2 e na Figura 3. Essa configuração acumula líquidos em seu interior, ocorrendo, portanto, o contato direto do fluido injetado com a camada plástica interna de Nylon 11. Além disso, é possível que partículas metálicas sejam liberadas para o interior do umbilical.

3.2. Sistema de injeção via umbilical *downhole*

Após a ANM o fluido desce através de um *tubing* junto da coluna de produção até o ponto de injeção no poço, conforme representado na Figura 4.

As configurações dos sistemas de injeção química instalados nos poços atualmente consistem em uma linha de injeção química de 3/8", que fica contida no *Flat-Pack* e termina na válvula de injeção química, que fica contida dentro do mandril de injeção química.

 PETROBRAS	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Nº: ET-3010.00-1260-010-PNG-036	REV. H
	CLIENTE: E&P	FOLHA: 5 de 27	
	TÍTULO: QUALIFICAÇÃO DE PRODUTOS QUÍMICOS PARA INJEÇÃO SUBMARINA	GIA-E&P/EAEP/EOPM	
		PÚBLICO	

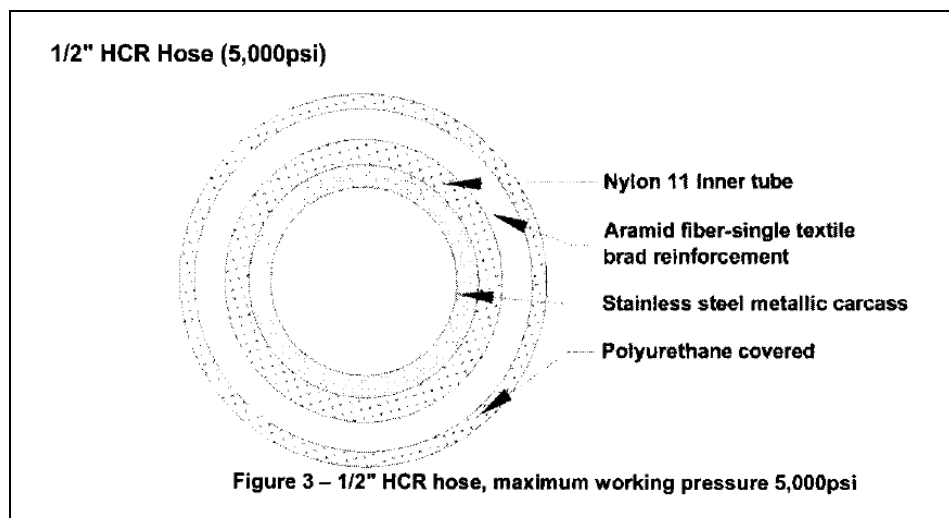


Figura 2 - Corte de um umbilical de 1/2 in de injeção de produtos químicos tipo HCR.

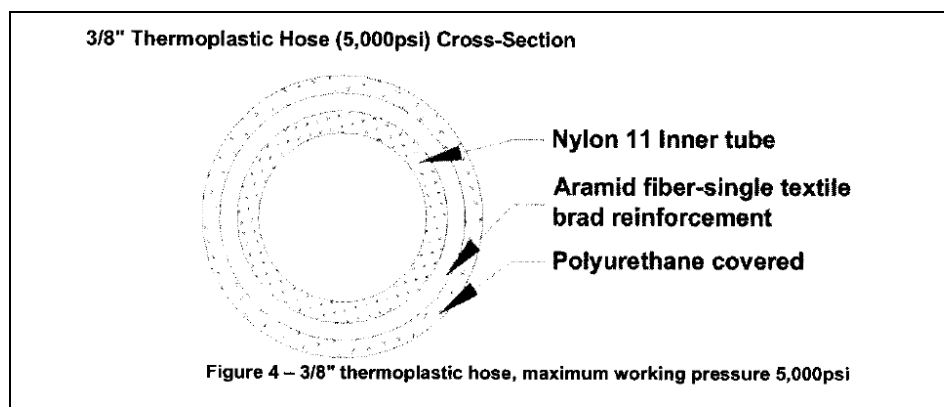


Figura 3 - Corte de um umbilical de 3/8 in para injeção de fluido hidráulico.

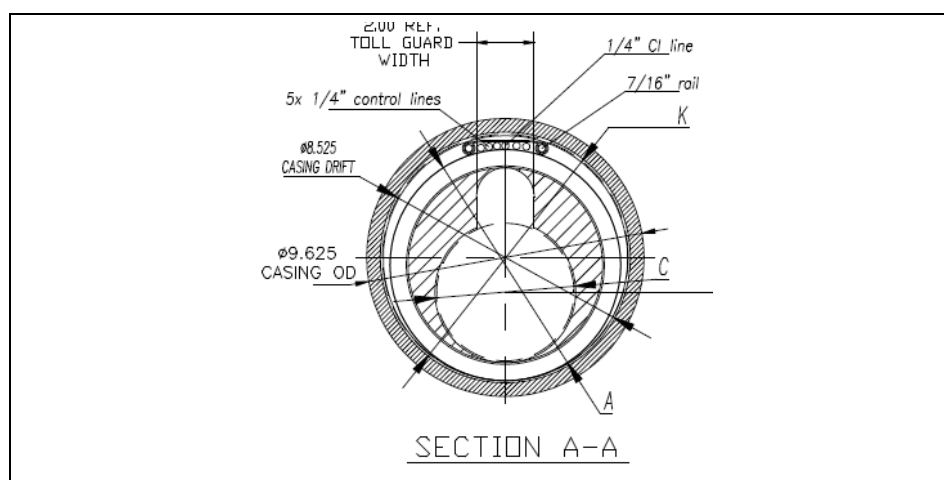


Figura 4 - Corte transversal de casing de produção com a linha de injeção de produto químico (CI).

O mandril possui duas formas de construção:

 PETROBRAS	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Nº: ET-3010.00-1260-010-PNG-036	REV. H
	CLIENTE: E&P	FOLHA: 6 de 27	
	TÍTULO: QUALIFICAÇÃO DE PRODUTOS QUÍMICOS PARA INJEÇÃO SUBMARINA	GIA-E&P/EAEP/EOPM PÚBLICO	

Integral – A válvula é montada no corpo do mandril e só pode ser retirada mediante a retirada da coluna de produção (Figura 5);

Bolsa-Lateral – A válvula é inserida dentro de uma bolsa lateral semelhante à do mandril de *gas lift*. Este tipo de válvula pode ser trocado com arame, portanto sem necessidade de retirar a ANM e a coluna de produção (COP).

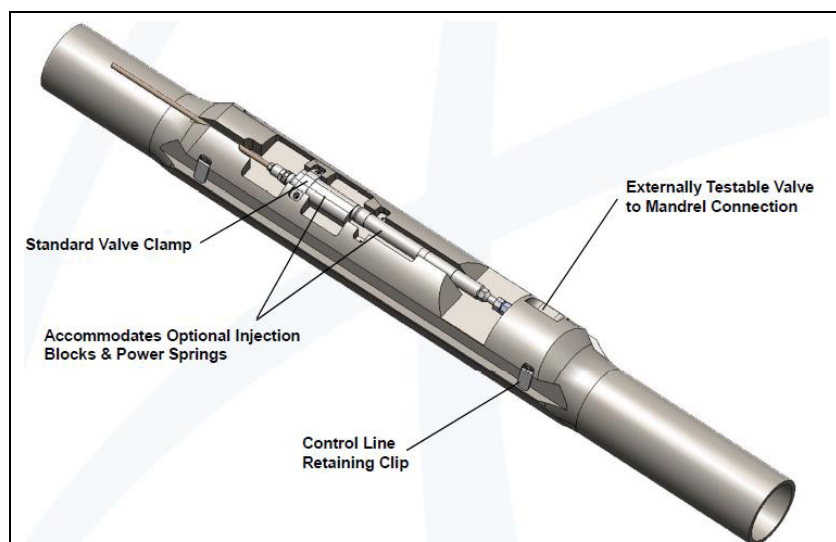


Figura 5 – Mandril de injeção química integral.

A válvula de injeção química necessita de uma pressão mínima para a sua abertura. Caso a injeção do produto químico seja interrompida, o diferencial de pressão (ΔP) nesta válvula diminui e ela fecha impedindo o fluxo. No ponto em que o produto químico deve ser liberado existem *check-valves* para impedir o influxo de hidrocarbonetos da coluna para a linha de injeção química. Na Figura 6 é apresentada uma foto da válvula e os seus internos.



Figura 6 – Válvula de injeção de produtos químicos *downhole*.

3.3. Sistema de injeção via *gas lift*

A injeção de produtos químicos via *gas lift* tem sido estudada já há muito tempo na indústria de petróleo. Inibidores de corrosão, inibidores de incrustação e desemulsificantes foram os primeiros produtos utilizados para este fim. Referências indicam que a técnica foi introduzida na década de 80 e seu uso

 PETROBRAS	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Nº: ET-3010.00-1260-010-PNG-036	REV. H
	CLIENTE: E&P	FOLHA: 7 de 27	
	TÍTULO: QUALIFICAÇÃO DE PRODUTOS QUÍMICOS PARA INJEÇÃO SUBMARINA	GIA-E&P/EAEP/EOPM	
		PÚBLICO	

intensificou-se com o tempo. Vale a pena citar, por exemplo, a injeção de desemulsificante via *gas lift* realizada pela ARCO Alask em 1995. Na Petrobras, a injeção de produtos químicos via *gas lift* iniciou-se no final na década de 1980 com a injeção de desemulsificante em poços dos campos de Parati e Anequim que produziam para PCH-1.

Este tipo de sistema é constituído por bombas de deslocamento positivo que enviam o produto ao ponto de injeção, no caso a linha de *gas lift*. Na superfície a linha de *gas lift* é rígida e o ponto de injeção pode estar localizado antes ou depois do *bean* (válvula de quebra de pressão). A linha de *gas lift* normalmente é de diâmetro de 2,5 in, e pode ser uma linha para cada poço ou, como na maioria dos casos, pode ser uma linha que chega até um *manifold* de *gas lift*, em que o gás é distribuído para os poços.

A linha de *gas lift*, no trecho entre a plataforma e a ANM, é flexível do tipo “*unbonded*” e “*rough bore*” (interior rugoso), sendo constituída, normalmente das camadas conforme apresentado na Figura 7.



Figura 7 - Principais camadas de dutos flexíveis *unbonded*.

A carcaça intertravada tem a função de prevenir o colapso da estrutura devido a cargas radiais externas, prover resistência ao colapso hidrostático (queda da pressão interna) e fornecer resistência à abrasão causada por partículas existentes no fluido transportado. É constituída por metal intertravado dobrado, permitindo o acúmulo de líquidos em seu interior, bem como a migração para a camada plástica interna (Figura 8).

A carcaça tem, portanto, contato direto com o fluido que escoia internamente, no caso o gás, condensado e o produto químico, sendo constituída de aço inox 304/316L ou *Lean Duplex* 2101 para campos do pós-sal, e de Duplex 2304/2205 para os campos do pré-sal.

A camada plástica interna tem como função garantir a estanqueidade do duto flexível, impedindo que o fluido interno (fluido escoado) entre em contato com as camadas mais externas. É constituída de Poliamida 11 (nylon 11) ou Poliamida 12. Esta camada também terá contato direto com o fluido escoado no interior da linha flexível.

 PETROBRAS	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Nº: ET-3010.00-1260-010-PNG-036	REV. H
	CLIENTE: E&P	FOLHA: 8 de 27	
	TÍTULO: QUALIFICAÇÃO DE PRODUTOS QUÍMICOS PARA INJEÇÃO SUBMARINA	GIA-E&P/EAEP/EOPM	
		PÚBLICO	

A armadura de pressão tem a função de resistir aos esforços radiais (pressão interna, pressão externa, cargas radiais de lançamento etc.). Dessa forma, a armadura de pressão ajuda a reduzir os esforços sobre a carcaça intertravada, sendo normalmente constituída de aços de alta resistência. Além da armadura de pressão, pode existir uma segunda camada, chamada de “armadura de pressão adicional”.

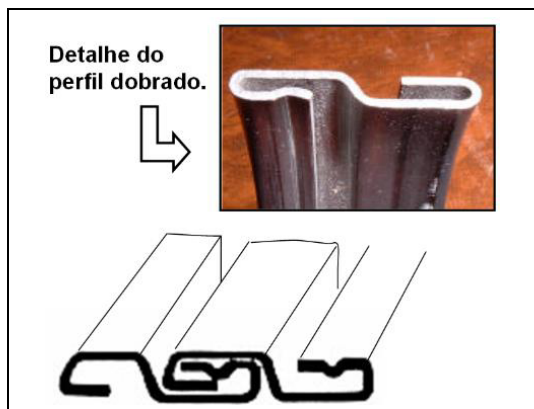


Figura 8 - Detalhe da carcaça metálica da armadura de uma linha flexível.

A armadura de tração tem a função de prover resistência mecânica na direção axial, ou seja, resistir às cargas axiais, sendo constituída de aços-carbono de altíssima resistência mecânica.

Finalmente a camada plástica externa é extrudada sobre as armaduras de tração, servindo para mantê-las na posição correta, além de proteger o duto flexível contra abrasão, danos externos (impacto de ferramentas durante a instalação, impactos com o solo marinho etc.), corrosão e ajudar no isolamento térmico da linha.

O produto químico, então, escoar pela linha de *gas lift*, induzido pelo fluxo de gás, até a ANM e atinge o anular do poço (região entre a coluna de produção e o revestimento). Por gravidade o produto químico se acumula no fundo da região anular do poço, entre o *packer* e a válvula de *gas lift*, onde existe o *packer fluid* (fluido utilizado na etapa de completação do poço), sendo carregado para o interior da coluna produção pelo gás, passando através da válvula de *gas lift* (Figura 9).



Figura 9 - Válvula de *gas lift*.

 PETROBRAS	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Nº: ET-3010.00-1260-010-PNG-036	REV. H
	CLIENTE: E&P	FOLHA: 9 de 27	
	TÍTULO: QUALIFICAÇÃO DE PRODUTOS QUÍMICOS PARA INJEÇÃO SUBMARINA	GIA-E&P/EAEP/EOPM	
		PÚBLICO	

4. INFORMAÇÕES PRELIMINARES DO SISTEMA

Para a qualificação de um produto químico a ser injetado, deve-se definir a via de aplicação, que pode ser: umbilical na ANM; umbilical *downhole*; ou *gas lift*. Além disso, também deve ser definida a temperatura máxima ($T_{\max}$) e a Pressão máxima ($P_{\max}$) a ser aplicada nos ensaios. Caso nas informações do cenário não esteja definida a $T_{\max}$ para qualificação do produto para injeção submarina, deve-se considerar o valor de 110°C e as pressões definidas em cada ensaio no capítulo 5. É necessário informar a composição do gás do cenário conforme Tabela 1.

Tabela 1 - Composição do gás produzido no cenário.

COMPONENTE	% molar
C1	
C2	
C3	
C4	
C5	
C6	
C7	
C8	
C9	
C10+	
CO ₂	
N ₂	

As demais condições necessárias para qualificação para injeção submarina já estão definidas neste documento, para cada via de aplicação. Casos específicos em que as condições definidas neste documento não se apliquem devem ser informadas pela Petrobras antes da qualificação.

5. TESTES DE QUALIFICAÇÃO

Deverão ser realizados testes específicos para cada cenário (injeção via umbilical na ANM, *downhole* ou via *gas lift*) conforme descrito na Tabela 2, respeitando-se os requisitos definidos neste documento para cada ensaio.

Alguns produtos podem apresentar alteração de cor e/ou turvação após terem sido submetidos a testes de qualificação, porém sem que estas alterações comprometam a sua eficácia. Portanto, estas características devem ser informadas após todos os ensaios e serão avaliados pela Petrobras, conforme cada caso.

Para a qualificação de produtos que necessitam de aprovação em teste de campo (desemulsificantes e melhoradores de escoamento), os testes de compatibilidade com materiais não metálicos (item 5.10), a depender do cenário, podem ser realizados após os testes de campo, devendo ser negociado com a Petrobras.

 PETROBRAS	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Nº: ET-3010.00-1260-010-PNG-036	REV. H
	CLIENTE: E&P	FOLHA: 10 de 27	
	TÍTULO: QUALIFICAÇÃO DE PRODUTOS QUÍMICOS PARA INJEÇÃO SUBMARINA	GIA-E&P/EAEP/EOPM	
		PÚBLICO	

Tabela 2 - Testes de laboratório e cenários de injeção de produtos químicos.

TESTE	CENÁRIO		
	ANM	DOWNHOLE	GAS LIFT
estabilidade térmica a 4°C	E	E	E
estabilidade térmica a T _{max}	E	E	E
cold e hot stress test	E	E	X
estabilidade dinâmica	E	E	X
perda de solvente	E	E	X
solubilidade	I	I	I
viscosidade Patm e 4°C	E	E	E
viscosidade Patm e 40°C	I	I	I
viscosidade P _{max} e 4°C	E	E	E
densidade	I	I	X
corrosividade	E	E	E
compatibilidade com não metálicos	I	I	I
hidratos	E	E	E
teor de sólidos	E	E	X
I = informativo; E = eliminatório; X = não realizar o teste			

O fornecedor pode firmar um Termo de Acordo de Sigilo com o CENPES informando a composição completa do produto, permitindo a avaliação de compatibilidade de materiais não metálicos, baseado em dados de literatura. Somente nesta condição a realização do teste do item 5.10 será dispensada.

A Petrobras poderá solicitar outras informações relacionadas às propriedades dos produtos após os testes, conforme julgar necessário e para cada caso.

5.1. Estabilidade térmica

Alterações na estabilidade dos produtos podem ocorrer quando expostos a condições muito distintas, como por exemplo, a temperaturas altas (fundo do poço ou *topside*) e baixas (umbilical no trecho próximo a ANM). Por isso, deve ser realizado um teste de estabilidade térmica a 4°C e a T_{max} (item 4), por um período mínimo de 30 dias, com acompanhamento visual e registro fotográfico das variações observadas no fluido após 7, 14, 21 e 30 dias, respectivamente.

Os testes devem ser realizados em recipiente de vidro com tampa, inertes ao produto químico, e levando-se em conta a resistência do material à temperatura do teste. Caso o produto ataque o vidro, deve ser utilizado outro material.

O produto não deve apresentar mudança de fases, formação de borras ou gelificação em relação à amostra original, até 14 dias de teste nas temperaturas especificadas. Caso estas alterações sejam observadas no período de 14 a 30 dias, a aprovação do produto será avaliada pela Petrobras de acordo com o cenário de aplicação. Os resultados devem ser apresentados conforme modelo da Tabela 3.

 PETROBRAS	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA				Nº: ET-3010.00-1260-010-PNG-036				REV. H				
	CLIENTE: E&P								FOLHA: 11 de 27				
	TÍTULO: QUALIFICAÇÃO DE PRODUTOS QUÍMICOS PARA INJEÇÃO SUBMARINA								GIA-E&P/EAEP/EOPM				
										PÚBLICO			

Tabela 3 - Modelo para apresentação dos resultados do teste de estabilidade térmica.

5.1 Estabilidade Térmica (30 dias) (apresentar fotos)																
	Turbidez				Borras				Separação de fases				Precipitação			
Dias →	7	14	21	30	7	14	21	30	7	14	21	30	7	14	21	30
4°C																
T _{max} °C																

OBS: Preencher com “S” para “sim”; “N” para “não” na linha referente à temperatura.

5.2. Cold stress test e Hot stress test

O stress test tem objetivo de avaliar a estabilidade dos produtos químicos em condição extrema. Este ensaio se propõe a realizar um screening com um aparato relativamente simples, porém fornecendo informações importantes acerca da robustez do produto para injeção submarina.

Neste teste, portanto, os produtos devem ser submetidos a ensaios em centrífuga com temperatura controlada, seguindo os requisitos da Tabela 4.

Tabela 4 - Especificações do cold e do hot stress test.

Aceleração	1.000 g
Temperatura de ensaio a frio (°C)	4
Temperatura de ensaio a quente (°C)	80
Duração do ensaio (horas)	168 *

* Não é necessário que sejam 168 horas ininterruptas, mas devem ser consecutivas.

Devem ser apresentadas fotos detalhadas antes e após o teste.

O produto será considerado reprovado se apresentar precipitado, borras ou aumento significativo de viscosidade.

Os resultados devem ser apresentados conforme modelo da Tabela 5.

Tabela 5 - Modelo para apresentação dos resultados do cold stress test e do hot stress test.

5.2 Cold and Hot Stress Test (1.000 g; 168 h) (apresentar fotos)				
	Turbidez	Borras	Separação de fases	Precipitação
4°C				
Outras alterações				
80°C				
Outras alterações				

OBS: Preencher com “S” para “sim”; “N” para “não” na linha referente à temperatura; preencher caso ocorram alterações distintas das destacadas na tabela em “outras alterações”.

 PETROBRAS	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Nº: ET-3010.00-1260-010-PNG-036	REV. H
	CLIENTE: E&P	FOLHA: 12 de 27	
	TÍTULO: QUALIFICAÇÃO DE PRODUTOS QUÍMICOS PARA INJEÇÃO SUBMARINA	GIA-E&P/EAEP/EOPM	
		PÚBLICO	

5.3. Estabilidade dinâmica

O teste de estabilidade dinâmica simula as condições mais extremas nas quais o produto será submetido. Assim sendo, devem ser consideradas baixas velocidades, altas pressões, altas e baixas temperaturas.

O produto deve ser testado em *loop* fechado (Figura 10), passando por um banho frio e em seguida por um banho quente, de modo que atenda as especificações da Tabela 6. O teste deve ser realizado na pressão máxima informada no item 4, não podendo ser menor do que a pressão mínima de teste informada na Tabela 6.

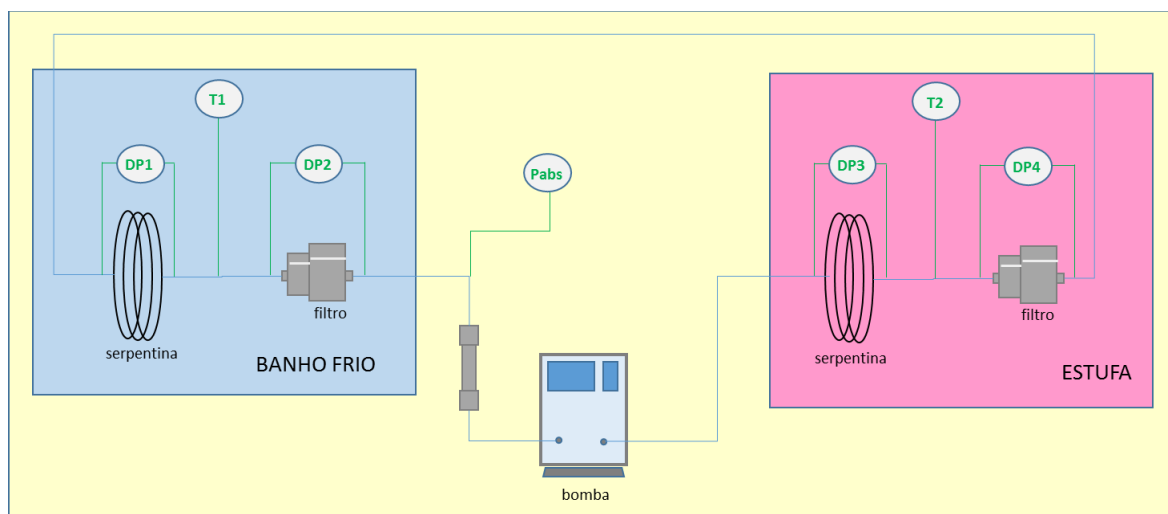


Figura 10 - Exemplo (esquema simplificado) de *loop* de teste de estabilidade dinâmica.

O *loop* de teste deve ter medição de diferencial de pressão (perda de carga - ΔP) em cada banho térmico. O comprimento mínimo da linha em cada banho deve ser igual a 6 m, sendo os primeiros 3 m para equalização da temperatura. O diâmetro da linha deve ser de 1/8". É aceitável que o segundo trecho de 3 m seja de 1/16". Dentro de cada banho devem ser instalados filtros com abertura máxima de 10 μm . Cuidados especiais devem ser tomados na limpeza do sistema toda vez que um novo produto for testado, de forma a impossibilitar a contaminação cruzada.

Tabela 6 - Especificações do *loop* para testes de estabilidade dinâmica.

Pressão mínima de teste (bar)	150 (em cenários com injeção na ANM) 150 (em cenários com injeção <i>downhole</i> , com pressão menor que 150 bar) 300 (em cenários com injeção <i>downhole</i> , com pressão acima de 150 bar)
Temperatura do banho frio (°C)	4
Temperatura do banho quente (°C)	T _{max} (item 4)
Duração mínima do teste (h)	336
Vazão máxima de injeção (mL/min)	5

O diferencial de pressão (ΔP) deve ser registrado durante o teste de estabilidade dinâmica, observando-se o tempo necessário para estabilização do sistema. Deve-se gerar o gráfico do diferencial de pressão do teste ao longo do tempo. Ao final do ensaio, devem ser coletadas amostras do fluido para:

 PETROBRAS	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA		Nº: ET-3010.00-1260-010-PNG-036	REV. H
	CLIENTE: E&P			FOLHA: 13 de 27
	TÍTULO: QUALIFICAÇÃO DE PRODUTOS QUÍMICOS PARA INJEÇÃO SUBMARINA			GIA-E&P/EAEP/EOPM
PÚBLICO				

- a) Observação visual;
- b) Ensaios de viscosidade conforme o item 5.6.1.1;
- c) Para os produtos sequestrante de H₂S, inibidor de incrustação, inibidor de corrosão, inibidor de asfaltenos, inibidor de parafinas, inibidor de hidrato e produtos combinados, deve ser realizado um teste de desempenho representativo do protocolo de qualificação da função química, de forma a comparar a eficiência do produto antes e depois do teste no *loop*. O critério de eficiência estabelecido para a função química deve ser mantido após o teste de eficiência dinâmica.

O produto será considerado aprovado caso não seja observado aumento do diferencial de pressão (ΔP) em qualquer ponto (filtros ou linhas), indicativo de degradação, e se não apresentar mudança de fases, formação de borras ou gelificação.

Os resultados devem ser apresentados conforme modelo da Tabela 7.

Tabela 7 - Modelo para apresentação dos resultados do teste de estabilidade dinâmica.

5.3 Estabilidade dinâmica (336 h; 4°C e T _{max}) (apresentar os gráficos)								
Pressão do teste (bar):								
	Banho frio				Banho quente			
	linha		filtro		linha		filtro	
	inicial	final	inicial	final	inicial	final	inicial	final
Perda de carga (psi)								
Observações								
Aparência do produto ao final do teste	Mudança de fases		Borras		Gelificação			
	(sim/não) Inserir foto		(sim/não) Inserir foto		(sim/não) Inserir foto		(sim/não) Inserir foto	
Eficiência de inibição (%)	Antes do teste				Depois do teste			

OBS: Preencher com “S” para “sim”; “N” para “não” na linha referente à perda de carga; preencher com ocorrências que tenham acontecido durante o teste em “observações”.

5.4. Perda de solvente

No serviço de injeção química via umbilicais existe a possibilidade de ocorrer o fenômeno da quebra de coluna, ou seja, formação de vácuo dentro do umbilical em eventos de interrupção de injeção do produto, ou mesmo quando a vazão de injeção for muito baixa. A quebra de coluna pode ocorrer tanto abaixo quanto acima da ANM, a depender das condições do poço, podendo haver evaporação de parte do solvente e consequente aparecimento de sólidos.

Portanto, este teste tem o objetivo de avaliar o impacto da perda de solvente nas propriedades dos produtos. A amostra deve ser submetida a um teste de evaporação por aquecimento, à pressão atmosférica, em um tubo capilar de vidro em forma de U conforme Figura 11. O teste deve ser realizado na temperatura máxima informada no item 4 e seguindo os demais requisitos da Tabela 8.

 PETROBRAS	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Nº: ET-3010.00-1260-010-PNG-036	REV. H
	CLIENTE: E&P	FOLHA: 14 de 27	
	TÍTULO: QUALIFICAÇÃO DE PRODUTOS QUÍMICOS PARA INJEÇÃO SUBMARINA	GIA-E&P/EAEP/EOPM PÚBLICO	

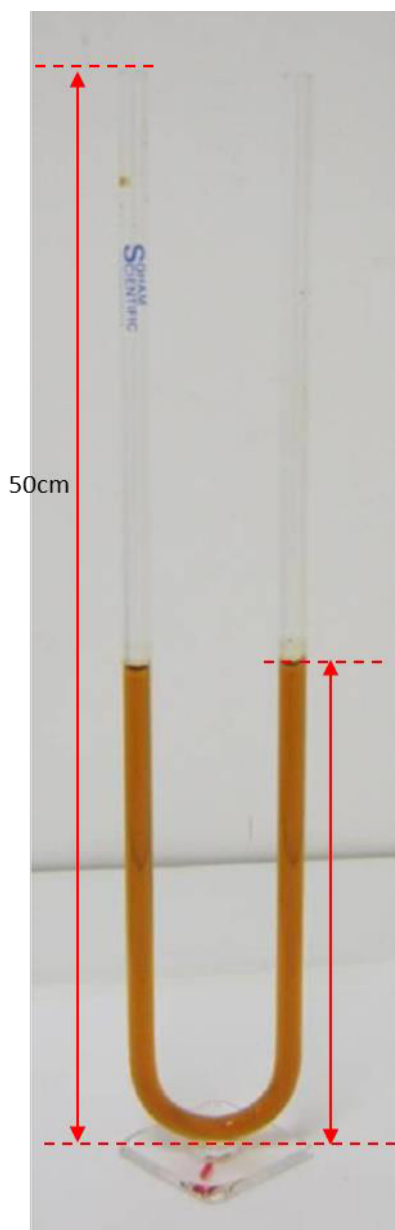


Figura 11 - Tubo em U para teste de perda de solvente. (SPE 154934 – *Qualification Procedure for continuous Injection of Chemicals in the Well – Method Development – 2012*).

Tabela 8 - Especificações do teste de perda de solvente.

Comprimento do tubo de vidro (cm)	50
Diâmetro do tubo (mm)	6 (diâmetro interno aproximadamente 4 mm)
Temperatura do ensaio (°C)	T _{max} (item 4)
Duração do ensaio (h)	192

O tubo deve ser preenchido com o produto químico (líquido) suficiente para atingir uma altura de 25 cm. A perda de solvente deve ser avaliada pela diferença entre a altura inicial e a final na temperatura do ensaio. Devem ser fornecidas fotos detalhadas (em zoom) da interface do produto (menisco) e do fundo do tubo antes e após o teste.

 PETROBRAS	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA				Nº: ET-3010.00-1260-010-PNG-036				REV. H			
	CLIENTE: E&P								FOLHA: 15 de 27			
	TÍTULO: QUALIFICAÇÃO DE PRODUTOS QUÍMICOS PARA INJEÇÃO SUBMARINA								GIA-E&P/EAEP/EOPM			
								PÚBLICO				

O produto será considerado reprovado se apresentar precipitado, borras ou aumento significativo de viscosidade (observação visual). Os resultados devem ser apresentados conforme modelo da Tabela 9.

Tabela 9 - Modelo para apresentação dos resultados do teste de perda de solvente.

5.4 Perda de solvente (192 horas a T _{max} , °C, no tubo em "U") (apresentar fotos)			
Perda de solvente			%
Alterações	Precipitado	Borras	Aumento de viscosidade
Resultados			

OBS: Preencher com "S" para "sim"; "N" para "não" na linha referente a "resultados".

5.5. Compatibilidade com solventes

Deve ser realizado teste de solubilidade do produto com os solventes nas seguintes relações produto/solvente (% vol.): 99/1, 90/10, 50/50, 10/90 e 1/99. Os testes devem ter duração de 24 h, nas temperaturas de 4°C e T_{max} (item 4). Reportar as observações e o registro fotográfico, no mínimo, nos seguintes intervalos de tempo: imediato, 2 h, e 24 h. Os produtos devem ser avaliados com os solventes adequados conforme o cenário de injeção (itens 5.5.1 e 5.5.2). O uso de metanol como solvente está proibido.

Para ser considerado compatível, o produto não poderá apresentar quaisquer alterações no aspecto que sejam visíveis a olho nu, como turvação, formação de precipitados, borras ou gomas.

Obs.: no teste a T_{max}, utilizar um recipiente que suporte pressão, com o objetivo de evitar a vaporização do solvente.

Os resultados dos testes de compatibilidade com solventes devem ser apresentados conforme a Tabela 10.

Tabela 10 – Modelo para apresentação dos resultados do teste de compatibilidade com solventes.

5.5 Compatibilidade com solventes (24 h, 4°C e T _{max}) (apresentar fotos)																	
ETANOL COMBUSTÍVEL (umbilical e gas lift)																	
	% volume	Turbidez				Borras				Separação de fases				Precipitação			
Tempo (h) →		0	2	12	24	0	2	12	24	0	2	12	24	0	2	12	24
4°C	99/1																
	90/10																
	50/50																
	10/90																
	1/99																
Observações																	
T _{max} °C	99/1																
	90/10																
	50/50																
	10/90																
	1/99																
Observações																	

 PETROBRAS	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA				Nº: ET-3010.00-1260-010-PNG-036				REV. H			
	CLIENTE: E&P								FOLHA: 16 de 27			
	TÍTULO: QUALIFICAÇÃO DE PRODUTOS QUÍMICOS PARA INJEÇÃO SUBMARINA								GIA-E&P/EAEP/EOPM			
								PÚBLICO				

MEG (umbilical e gas lift)																	
	% volume	Turbidez				Borras				Separação de fases				Precipitação			
Tempo (h) →		0	2	12	24	0	2	12	24	0	2	12	24	0	2	12	24
4°C	99/1																
	90/10																
	50/50																
	10/90																
	1/99																
Observações																	
T _{max} °C	99/1																
	90/10																
	50/50																
	10/90																
	1/99																
Observações																	
DIESEL MARÍTIMO (gas lift)																	
	% volume	Turbidez				Borras				Separação de fases				Precipitação			
Tempo (h) →		0	2	12	24	0	2	12	24	0	2	12	24	0	2	12	24
4°C	99/1																
	90/10																
	50/50																
	10/90																
	1/99																
Observações																	
T _{max} °C	99/1																
	90/10																
	50/50																
	10/90																
	1/99																
Observações																	
TEG (gas lift)																	
	% volume	Turbidez				Borras				Separação de fases				Precipitação			
Tempo (h) →		0	2	12	24	0	2	12	24	0	2	12	24	0	2	12	24
4°C	99/1																
	90/10																
	50/50																
	10/90																
	1/99																
Observações																	
T _{max} °C	99/1																
	90/10																
	50/50																
	10/90																
	1/99																
Observações																	

OBS: Preencher com “S” para “sim”; “N” para “não” na linha de cada proporção. Na linha “observações” colocar quaisquer comentários que forem necessários para o entendimento dos resultados.

 PETROBRAS	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Nº: ET-3010.00-1260-010-PNG-036	REV. H
	CLIENTE: E&P	FOLHA: 17 de 27	
	TÍTULO: QUALIFICAÇÃO DE PRODUTOS QUÍMICOS PARA INJEÇÃO SUBMARINA	GIA-E&P/EAEP/EOPM	
		PÚBLICO	

5.5.1. Para cenários de injeção via umbilical na ANM e *downhole*

No caso da injeção via umbilical na ANM ou *downhole*, o fornecedor deve indicar qual o solvente a ser utilizado para a limpeza do umbilical.

O solvente mais comum disponível nas plataformas é o etanol combustível (isto é, com aditivo corante), seguido do MEG. Portanto, esses solventes devem ser testados. O produto deve ser compatível com pelo menos um solvente em todas as proporções de mistura.

Na ausência do atendimento a esse requisito, a Petrobras avaliará a proposição de solvente alternativo, que deverá ser indicado pelo fabricante, sendo que este deve prevenir a formação de hidratos e deve ser de fácil obtenção no mercado.

5.5.2. Para cenários de injeção via *gas lift*

No caso da injeção via *gas lift* o objetivo é avaliar a compatibilidade do produto com líquidos comumente encontrados no interior da linha, que são: o etanol, o MEG, o TEG e o diesel marítimo. Portanto, para qualificação nesta via, esses solventes deverão ser testados.

O produto deve ser compatível com etanol em todas as proporções de mistura. Adicionalmente, devem ser apresentados os resultados de compatibilidade com MEG, TEG e diesel marítimo para avaliação da Petrobras.

5.6. Escoamento – viscosidade e massa específica

Os testes a seguir devem ser realizados tanto com o produto novo quanto com o produto usado (final) resultante do teste de estabilidade dinâmica (item 5.3).

5.6.1. Viscosidade

5.6.1.1. Deve ser apresentado o perfil de viscosidade em três taxas de cisalhamento nas temperaturas de 4°C e 40°C, conforme a norma ISO 3219. Este perfil pode ser traçado em um único teste, mantendo-se a temperatura e variando-se a taxa de cisalhamento.

A viscosidade do produto deve ser menor ou igual a 100 cP a 4°C.

5.6.1.2. Deve também ser fornecido o perfil de viscosidade com a pressão até a P_{max} definida para o cenário de teste (item 4), na temperatura de 4°C, preferencialmente nas mesmas taxas de cisalhamento dos testes do item 5.6.1.1. Este perfil também pode ser traçado em um único teste. Caso o produto não tenha apresentado variação de viscosidade com a taxa de cisalhamento à pressão atmosférica (comportamento Newtoniano), o teste pode ser realizado em apenas uma das taxas de cisalhamento utilizada no item 5.6.1.1. Caso P_{max} seja maior que 400 bar, o teste poderá ser realizado na pressão de 400 bar. A pressurização da célula pode ser realizada com gás inerte, como por exemplo o nitrogênio.

A viscosidade do produto deve ser menor ou igual a 100 cP a 4°C.

Os resultados dos testes de viscosidade devem ser apresentados conforme a Tabela 11.

 PETROBRAS	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA		Nº: ET-3010.00-1260-010-PNG-036	REV. H
	CLIENTE: E&P			FOLHA: 18 de 27
	TÍTULO: QUALIFICAÇÃO DE PRODUTOS QUÍMICOS PARA INJEÇÃO SUBMARINA			GIA-E&P/EAEP/EOPM
PÚBLICO				

Tabela 11 - Modelo para apresentação dos resultados do teste de viscosidade.

5.6 Escoamento - Viscosidade (anexar gráficos)							
		Viscosidade do Produto Virgem (cP)			Viscosidade do Produto envelhecido (cP)		
Taxa de cisalhamento (s^{-1}) →							
Pressão atmosférica	4°C						
	40°C						
400 bar ou P _{max}	4°C						
Classificação	Newtoniano			Não Newtoniano			
	()			()			

OBS: inserir os valores das três taxas de cisalhamento aplicadas na determinação da viscosidade. Assinalar com um "X" se o produto tem comportamento newtoniano ou não-newtoniano.

5.6.2. Massa específica

Deve ser informado o perfil de massa específica com a temperatura (mínimo de 3 temperaturas, desde que uma delas seja a 4 °C) à pressão atmosférica.

Os resultados de massa específica devem ser apresentados conforme a Tabela 12.

Tabela 12 - Modelo para apresentação dos resultados de massa específica.

5.6 Escoamento – Massa específica			
Temperatura (°C)	4		
Massa específica (g/cm³)			

OBS: preencher as demais temperaturas associadas aos valores de massa específica do produto.

5.7. Corrosividade

5.7.1. Para cenários de injeção via umbilical na ANM e *downhole*

Deve ser realizado teste de corrosividade com os materiais metálicos e condições apresentados na Tabela 13 e no item 4 conforme ASTM G31 (*Standard Guide for Laboratory Immersion Corrosion Testing of Metals*).

Tabela 13 - Materiais metálicos para testes de corrosividade (ANM e *downhole*).

MATERIAL	T (°C)
Aço carbono de baixa resistência (ex. ASTM A36) *	40
Aço inox AISI 316L	T _{max} (item 4)
L-80-Cr13 (ou aço inox AISI 410)	T _{max} (item 4)

* a taxa de corrosão uniforme (perda de massa) do aço carbono deve ser apresentada apenas para informação e não deve ser aplicada como critério de aprovação do produto.

 PETROBRAS	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Nº: ET-3010.00-1260-010-PNG-036	REV. H
	CLIENTE: E&P	FOLHA: 19 de 27	
	TÍTULO: QUALIFICAÇÃO DE PRODUTOS QUÍMICOS PARA INJEÇÃO SUBMARINA	GIA-E&P/EAEP/EOPM PÚBLICO	

Cada material deve ser testado pelo menos em triplicata, sendo que as amostras devem estar totalmente imersas no produto, acondicionadas em um recipiente inerte lacrado. A duração dos testes deve ser de 30 dias. Estes materiais não devem apresentar ataque localizado (pites) com profundidade superior a 0,025 mm.

A Petrobras poderá solicitar que outros materiais sejam testados a depender do projeto.

Os resultados dos testes de corrosividade devem ser apresentados conforme a Tabela 16.

5.7.2. Para cenários de injeção via *gas lift*

Deve ser realizado teste de corrosividade gravimétrico (perda de massa) com base na ASTM G31 (*Standard Guide for Laboratory Immersion Corrosion Testing of Metals*) utilizando materiais metálicos e critérios de aceitação apresentados na Tabela 14 e no item 4.

Tabela 14 - Materiais metálicos para testes de corrosividade (*gas lift*).

MATERIAL	Critério
P-110	Perda de massa < 0,025 mm/a
Aço inox SS 316L*	Ataque localizado (pites) com profundidade < 0,025 mm.

Cada material deve ser testado separadamente pelo menos em duplicata, sendo que as amostras devem estar totalmente imersas no produto químico puro acondicionado em um recipiente desaerado previamente por 30 min e pressurizado a 30 psi_g (45 psi_a) com gás contendo 100% mol/mol de CO₂. O teste deve ser realizado na T_{max} (item 4). A duração dos testes deve ser de 5 dias. Devem ser apresentadas além dos resultados (Tabela 16), fotos dos corpos-de-prova antes e após o ensaio.

Adicionalmente aos testes de corrosividade, devem ser apresentados os valores de medições do pH (a 20°C) do produto puro e da fase aquosa de uma mistura de 10% do produto químico em água destilada. Caso o pH medido seja menor que 6,0 em uma das duas condições, o produto deverá ser avaliado quanto à corrosividade em meio de *packer fluid*.

A Petrobras poderá solicitar que outros materiais metálicos sejam testados e/ou faça ajustes nos critérios apresentados na Tabela 14, a depender do projeto. Para sistemas antigos, é possível que o material da armadura seja aço inox SS 314.

5.7.2.1. Testes de corrosividade em meio de *packer fluid*

Nesta condição somente o material P-110 deve ser testado nos seguintes meios líquidos:

- 100% da solução sintética do *packer fluid*, conforme descrito na Tabela 15;
- 50% da solução sintética do *packer fluid* conforme descrito na Tabela 15 e 50% de produto químico;
- 100% do produto químico.

O pH de cada solução e o aspecto visual deve ser medido e registrado (avaliar separação de fases, formação de resíduos etc.), respectivamente, antes e após o teste.

 PETROBRAS	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA		Nº: ET-3010.00-1260-010-PNG-036	REV. H
	CLIENTE: E&P			FOLHA: 20 de 27
	TÍTULO: QUALIFICAÇÃO DE PRODUTOS QUÍMICOS PARA INJEÇÃO SUBMARINA			GIA-E&P/EAEP/EOPM
				PÚBLICO

Tabela 15 - Composição do *packer fluid* sintético para testes de corrosividade.

Cloreto de sódio	24% em massa
Bissulfito de sódio	200 ppm
Glutaraldeído	200 ppm
Soda cáustica (solução a 25%)	Até pH = 8
Água destilada	-

A duração do ensaio é de 5, 15 e 30 dias: se após 5 dias a taxa de corrosão dos testes com os meios líquidos b) e c) for menor do que a taxa de corrosão obtida no teste com o meio líquido a), ou as taxas de corrosão em todos os meios forem inferiores a $0,10 \pm 0,04$ mm/ano, finalizar o ensaio (não é necessário testar com 15 e 30 dias). Caso o critério não seja atendido, avaliar o resultado do teste após 15 dias. Se o critério for atendido, finalizar o ensaio. Caso o critério ainda não seja atendido, o meio líquido que tiver apresentado taxa de corrosão maior do que a) deve ser testado novamente pelo período de 30 dias, devendo apresentar taxa de corrosão inferior a $0,10 \pm 0,04$ mm/ano.

Os resultados dos testes de corrosividade em meio de *packer fluid* devem ser apresentados conforme a Tabela 16.

Tabela 16 - Modelo para apresentação dos resultados dos testes de corrosividade.

5.7 Corrosividade					
5.7.1 Corrosividade (30 dias) – umbilical na ANM e <i>downhole</i> (apresentar fotos)					
Material	Temperatura (°C)	Resultado	Limite	Unidade	
Aço carbono ____	40		-	mm/ano	
AISI 316L	T _{max}		0,025 (*)	mm	
L80-Cr13 (ou AISI 410)	T _{max}		0,025 (*)	mm	
(*) profundidade de pite					
5.7.2 Corrosividade (5 dias) – <i>gas lift</i> (apresentar fotos)					
Material	Temperatura (°C)	Resultado	Limite	Unidade	
P-110	T _{max}		0,025	mm/ano	
AISI 316L	T _{max}		0,025 (*)	mm	
(*) profundidade de pite					
5.7.2.1 Corrosividade P-110 em <i>packer fluid</i> (se pH < 6,0) – <i>gas lift</i> (apresentar fotos)					
Meio líquido	pH	Separação de fases	resíduos	mm/ano (15d)	mm/ano (30d)
a) 100% solução <i>packer fluid</i>					
b) 50% <i>packer fluid</i> + 50% produto					
c) 100% produto					
Limite (15d) →		< a) ou $0,10 \pm 0,04$ mm/ano			
Limite (30d) →		$0,10 \pm 0,04$ mm/ano			

 PETROBRAS	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Nº: ET-3010.00-1260-010-PNG-036	REV. H
	CLIENTE: E&P	FOLHA: 21 de 27	
	TÍTULO: QUALIFICAÇÃO DE PRODUTOS QUÍMICOS PARA INJEÇÃO SUBMARINA	GIA-E&P/EAEP/EOPM	
		PÚBLICO	

5.8. Hidratos

No cenário de injeção de produto via umbilical, há possibilidade de migração de gás da coluna de produção para dentro do umbilical em situações de parada de produção, entrando em contato com o produto químico. Nas condições de menor temperatura e maior pressão nas quais o produto pode ser submetido, que ocorre próximo a ANM, dependendo da composição do produto poderá haver a formação de hidratos na linha. Desta forma, a quantidade de água presente no produto injetado não deve promover a formação de hidrato.

Para produtos injetados via *gas lift*, o produto químico entra em contato com o gás, que pode promover uma vaporização do solvente imediatamente na injeção do produto, já que a velocidade do gás é muito superior à do líquido. Assim, a quantidade de inibidor de hidratos presente no produto deve ser suficiente para, mesmo após a vaporização de inibidor para a fase gasosa, garantir que não haverá formação de hidratos em decorrência da quantidade de água presente na formulação do produto.

Assim, os produtos para injeção submarina devem conter uma quantidade mínima dos inibidores termodinâmicos de hidratos.

Deve ser apresentado laudo comprovando a massa de inibidor de hidratos por análise cromatográfica e a massa de água, ou declaração do fornecedor comprovando que o produto contém o teor de inibidor de hidrato de acordo com o exigido nos itens 5.8.1 a 5.8.3.

As informações da avaliação de hidratos devem ser apresentadas conforme a Tabela 17.

Tabela 17 - Modelo para apresentação da avaliação de hidratos.

5.8 Hidratos	
() Produto sem água	
(massa de inibidor de hidratos / massa de produto) x 100 (% massa)	
() Produto com água e inibidor de hidratos (MEG ou etanol)	
Inibidor de hidratos	() MEG () etanol
Massa de inibidor de hidratos	
Massa de água	
() Produto com água e inibidor de hidratos diferente de MEG e de etanol	
T _{eq_pq} (°C)	
T _{corr} (°C)	

OBS: marcar com "x" no "()" conforme presença de água e tipo de inibidor do produto, informar valores das massas, ou percentual em massa ou da temperatura, conforme o caso.

5.8.1. Produtos que não contêm água

Para produtos que não contêm água, a quantidade mínima de inibidor de hidratos deve ser a estabelecida na Tabela 18.

 PETROBRAS	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Nº: ET-3010.00-1260-010-PNG-036	REV. H
	CLIENTE: E&P	FOLHA: 22 de 27	
	TÍTULO: QUALIFICAÇÃO DE PRODUTOS QUÍMICOS PARA INJEÇÃO SUBMARINA	GIA-E&P/EAEP/EOPM	
		PÚBLICO	

Tabela 18 - Teor mínimo de inibidor termodinâmico de hidratos na formulação de produtos químicos que não contenham água.

	Produtos que não contêm água		
	% massa (massa de inibidor de hidratos / massa de produto) x 100		
	Etanol	MEG	Outros
<i>Gas lift</i>	0	0	0
Umbilical	0,5	0,5	0,5

5.8.2. Produtos que contêm água e inibidor termodinâmico (etanol ou MEG)

Para produtos que contêm água e o inibidor termodinâmico utilizado seja etanol ou MEG, a quantidade mínima de inibidor de hidratos deve ser a estabelecida na Tabela 19.

Tabela 19 - Teor mínimo de inibidor termodinâmico de hidratos (MEG ou etanol) na formulação de produtos químicos que contenham água.

	Produtos que contêm água	
	massa de inibidor de hidratos / massa de água	
	Etanol	MEG
<i>Gas lift</i>	4	1,9
Umbilical	2,4	1,3

5.8.3. Produtos que contêm água e inibidor termodinâmico diferente de etanol e de MEG

Para produtos que contêm água e o inibidor termodinâmico utilizado seja diferente de etanol e de MEG, o seguinte procedimento deve ser utilizado:

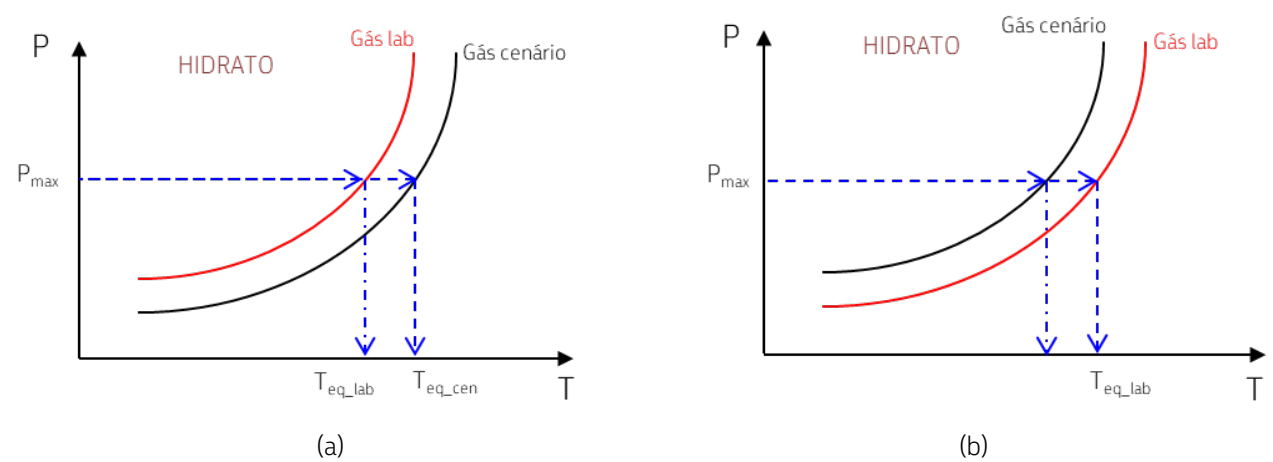
1) Com algum simulador termodinâmico de hidratos, calcular os envelopes de estabilidade de hidratos para o gás de laboratório e o gás do cenário. A curva gerada se comportará conforme os exemplos dados na Figura 12, caso a composição dos gases seja diferente.

Caso não seja disponibilizada a composição do gás do cenário da Tabela 1 (item 4), deverão ser utilizadas as duas condições da Tabela 20 para calcular os envelopes de estabilidade de hidratos em condições de menor temperatura e maior pressão nas quais o produto pode ser submetido.

Tabela 20 – Condições para cálculo do envelope de estabilidade de hidratos.

Pressão (P _{max}) (kgf/cm ²)	Temperatura (°C)	Composição do gás (% molar)		
		C1	C2	C3
500	4	70	15	15
100	-15			

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Nº: ET-3010.00-1260-010-PNG-036	REV. H
	CLIENTE: E&P	FOLHA: 23 de 27	
	TÍTULO: QUALIFICAÇÃO DE PRODUTOS QUÍMICOS PARA INJEÇÃO SUBMARINA	GIA-E&P/EAEP/EOPM	
		PÚBLICO	



(a) (b)

Figura 12 – Exemplos de curvas de equilíbrio de hidratos simuladas com gás de laboratório e com o gás real. Caso (a), curva do gás de laboratório está à esquerda da curva do cenário. Caso (b), curva do gás de laboratório está à direita da curva do cenário.

2) Deve-se, então, verificar qual a temperatura de equilíbrio para a pressão do cenário (P_{max}), tanto para o gás do cenário (T_{eq_cen}) quanto para o gás de laboratório (T_{eq_lab}).

3) O próximo passo é corrigir a temperatura do cenário (4°C), de forma a considerar a diferença das temperaturas das curvas de equilíbrio obtidas com as duas composições gasosas.

4) Para corrigir essa temperatura, calcula-se a diferença entre as temperaturas de equilíbrio para o gás de laboratório e para o gás do cenário, nesta ordem. E é esta diferença que vai corrigir a temperatura do cenário para execução dos testes. Exemplos:

- Considerando a posição das curvas da Figura 12(a), e supondo que a temperatura de equilíbrio do gás do cenário é 10°C, e a do gás de laboratório é 8°C, a diferença é de -2°C. Assim, para a temperatura do cenário de 4°C, a temperatura corrigida (T_{corr}) será 2°C;
- Considerando a posição das curvas da Figura 12(b), e supondo que a temperatura de equilíbrio do gás do cenário é 10°C, e a do gás de laboratório é 12°C, a diferença é de 2°C. Assim, para a temperatura do cenário de 4°C, a temperatura corrigida (T_{corr}) será 6°C;

5) Experimentalmente, efetua-se a determinação da temperatura de equilíbrio para o produto químico puro na P_{max} , utilizando-se o gás de laboratório (T_{eq_pq}). O fornecedor poderá definir o procedimento experimental utilizado nessa determinação, devendo informá-lo.

6) O produto será considerado aprovado para T_{eq_pq} inferior a T_{corr} .

Os testes em laboratório devem seguir os procedimentos disponíveis na literatura para obtenção da curva de equilíbrio da formação de hidratos. Os equipamentos mais utilizados são reatores tipo autoclave.

5.9. Teor de sólidos

Os produtos devem atender a norma SAE AS4059 classe 8 B-F.

Os resultados do teor de sólidos devem ser apresentados conforme a Tabela 21.

 PETROBRAS	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Nº: ET-3010.00-1260-010-PNG-036	REV. H
	CLIENTE: E&P	FOLHA: 24 de 27	
	TÍTULO: QUALIFICAÇÃO DE PRODUTOS QUÍMICOS PARA INJEÇÃO SUBMARINA	GIA-E&P/EAEP/EOPM	
		PÚBLICO	

Tabela 21 – Modelo para apresentação dos resultados de teor de sólidos.

5.9 Teor de sólidos	
Classe de limpeza SAE	

5.10. Compatibilidade com materiais não metálicos

A metodologia especificada a seguir é baseada no documento API 17TR6. A metodologia consiste em realizar ensaios de imersão (*ageing*) com corpos de prova para avaliações dimensionais, térmicas, ensaios de tração, dureza, variação de massa e volume e viscosidade inerente corrigida (VIC).

Utilizar para cada um desses ensaios as referências das Normas ISO 23936-1 (termoplásticos) e ISO 23936-2 (elastômeros).

Todos os materiais deverão ser testados para o tempo 0, ou seja, antes dos ensaios de imersão, para todos os parâmetros avaliados. Os ensaios de imersão devem ter a duração total de 90 dias, com retiradas intermediárias dos corpos de prova dos materiais poliméricos em 30 e 60 dias.

Os ensaios devem ser realizados em reatores independentes por tipo de fluido e de material. Os corpos de prova devem ser cuidadosamente dispostos dentro dos reatores de modo que não encostem uns nos outros e suas superfícies estejam igualmente expostas ao produto químico. Deve-se utilizar uma razão volume de fluido e área superficial de, no mínimo, 4 mL/cm². Deve haver renovação do fluido a cada 15 dias.

A temperatura dos ensaios de imersão deve ser conforme apresentado na Tabela 22. Não é necessário haver controle de pressão durante os testes. Pode ser utilizado gás inerte para pressurização dos sistemas ou utilizar condensadores, com intuito de evitar a perda de fluido por vaporização durante o teste.

As quantidades mínimas de corpos de prova para cada ensaio/análise estão descritas nas normas referenciadas na ISO 23936.

O fornecedor do produto químico deve considerar os materiais listados na Tabela 22 para a realização dos ensaios de compatibilidade, conforme o ponto de aplicação do produto.

A Petrobras poderá fornecer informações adicionais sobre os materiais desta tabela ou incluir mais materiais ou *grades* (tipos).

Os corpos-de-prova dos materiais termoplásticos podem ser fabricados por injeção ou usinagem a partir de placas/tubos extrudados, desde que, para cada material, o tipo de fabricação seja o mesmo para todos os testes do protocolo de qualificação. Não há restrições com relação ao método de fabricação dos corpos de prova dos elastômeros.

As variações nas propriedades / parâmetros avaliados devem ser calculadas e apresentadas conforme os modelos da Tabela 23 a Tabela 25.

 PETROBRAS	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Nº: ET-3010.00-1260-010-PNG-036	REV. H
	CLIENTE: E&P	FOLHA: 25 de 27	
	TÍTULO: QUALIFICAÇÃO DE PRODUTOS QUÍMICOS PARA INJEÇÃO SUBMARINA	GIA-E&P/EAEP/EOPM	
		PÚBLICO	

Especificamente para os tipos de poliamida da Tabela 22, devem ser realizadas também análises de Viscosidade Inerente Corrigida (VIC), conforme procedimentos descritos na Norma API 17TR2, na temperatura de 40°C. Caso a amostra de poliamida após imersão no produto químico não consiga ser solubilizada em meta-cresol para determinação da VIC, deve-se registrar essa informação no relatório técnico e apresentar os demais resultados conforme o modelo da Tabela 23.

Nos relatórios técnicos, devem constar os procedimentos/metodologias, informando os *grades* dos materiais testados (Tabela 22). Os resultados devem ser disponibilizados para a Petrobras e apresentados os valores obtidos como média, desvio-padrão ou IC (Intervalo de Confiança). Sugere-se a apresentação também dos dados brutos.

Além da apresentação dos testes, é necessário fornecer uma carta de compatibilidade do produto com a Poliamida avaliada e com o PVDF Kynarflex 2750.

Tabela 22 - Materiais Termoplásticos e Elastômeros típicos a serem testados para cada modo de injeção submarina.

Modo de Injeção	Grupo polimérico	Item do sistema de injeção	Família de materiais / material	Componente	Temperatura do teste (°C)
Umbilical <i>downhole</i>	Termoplásticos (Tabela 23 e Tabela 24)	Umbilical	PA -11 BESNO P40 TLO	Dutos e <i>liners</i>	40
		Linha de produção	PVDF Kynarflex 2750	Dutos e <i>liners</i>	40
	Elastômeros (Tabela 25)	MIQ	TFE/P ou FPM (informar o <i>grade</i>)	Selos	T _{max} ¹
Umbilical na ANM	Termoplásticos (Tabela 23 e Tabela 24)	Umbilical	PA -11 BESNO P40 TLO	Dutos e <i>liners</i>	40
		Linha de produção	PVDF Kynarflex 2750	Dutos e <i>liners</i>	40
<i>Gas lift</i>	Termoplásticos (Tabela 23 e Tabela 24)	Linha de <i>gas lift</i>	PA-11 BESNO P40 TLX, ou PA-11 BESNO P40 TL ou PA-12 VESTAMID NRG 1001	Dutos e <i>liners</i>	40
		Linha de produção	PVDF Kynarflex 2750	Dutos e <i>liners</i>	40
	Elastômeros (Tabela 25)	VGL	FKM Tipo 1	Selos	T _{max} ¹

¹ T_{max} conforme item 4; MIQ = mandril de injeção química; VGL = válvula de *gas lift*.

 PETROBRAS	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA		Nº: ET-3010.00-1260-010-PNG-036	REV. H
	CLIENTE: E&P			FOLHA: 26 de 27
	TÍTULO: QUALIFICAÇÃO DE PRODUTOS QUÍMICOS PARA INJEÇÃO SUBMARINA			GIA-E&P/EAEP/EOPM
PÚBLICO				

Tabela 23 - Modelo para apresentação dos resultados dos testes de compatibilidade com materiais termoplásticos (dutos e *liners*).

5.10 Compatibilidade com materiais não metálicos – Termoplásticos (dutos e <i>liners</i>) / ISO 23936-1											
Componente:								Temperatura:			
Passa nos critérios da ISO 23936-1?											
Propriedade	Critério de aprovação	Novo Resultado	30 dias			60 dias			90 dias		
			Resultado	Passa?		Resultado	Passa?		Resultado	Passa?	
				Sim	Não		Sim	Não		Sim	Não
Comprimento (%)	0 - 2										
Massa (%)	± 5										
Tensão na ruptura (%)	± 20										
Deformação na ruptura (%)	± 30										
Módulo (MPa)	± 20										
Inspeção visual (incluir fotos e descrever alterações, se houver)											

OBS: na linha “componente” preencher com a descrição do material conforme Tabela 22. Nas colunas “resultado” preencher com o valor do resultado de cada propriedade. Assinalar com um “x” na coluna “sim” ou “não” conforme o resultado passar (sim) ou não passar (não) nos critérios da ISO 23936-1.

Tabela 24 - Modelo para apresentação dos resultados dos testes de compatibilidade com materiais termoplásticos (selos).

5.10 Compatibilidade com materiais não metálicos – Termoplásticos (selos) / ISO 23936-1											
Componente:								Temperatura:			
Passa nos critérios da ISO 23936-1?											
Propriedade	Critério de aprovação	Novo Resultado	30 dias			60 dias			90 dias		
			Resultado	Sim	Não	Resultado	Sim	Não	Resultado	Sim	Não
Volume (%)	+ 5 - 1										
Tensão na ruptura (%)	± 50										
Deformação na ruptura (%)	± 50										
Módulo (MPa)	± 50										
Inspeção visual (incluir fotos e descrever alterações, se houver)											

OBS: na linha “componente” preencher com a descrição do material conforme Tabela 22. Nas colunas “resultado” preencher com o valor do resultado de cada propriedade. Assinalar com um “x” na coluna “sim” ou “não” conforme o resultado passar (sim) ou não passar (não) nos critérios da ISO 23936-1.

 PETROBRAS	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA		Nº: ET-3010.00-1260-010-PNG-036	REV. H
	CLIENTE: E&P			FOLHA: 27 de 27
	TÍTULO: QUALIFICAÇÃO DE PRODUTOS QUÍMICOS PARA INJEÇÃO SUBMARINA			GIA-E&P/EAEP/EOPM
				PÚBLICO

Tabela 25 – Modelo para apresentação dos resultados dos testes de compatibilidade com elastômeros.

5.10 Compatibilidade com materiais não metálicos – Elastômeros / ISO 23936-2											
Componente:						Temperatura:					
Passa nos critérios da ISO 23936-2?											
Propriedade	Critério de aprovação	novo	30 dias			60 dias			90 dias		
		Resultado	Resultado	Sim	Não	Resultado	Sim	Não	Resultado	Sim	Não
Dureza (unidades)	+10 / -20 (+5 / -20)*										
Variação de volume (%)	+25 / -5										
Módulo (%)	± 50										
Deformação na ruptura (%)	± 50										
Tensão na ruptura (%)	± 50										
Módulo (%)	± 50										
Inspecção visual (incluir fotos e descrever alterações, se houver											

* Quando a dureza inicial é 90 Shore A.

OBS: na linha “componente” preencher com a descrição do material conforme Tabela 22. Nas colunas “resultado” preencher com o valor do resultado de cada propriedade. Assinalar com um “x” na coluna “sim” ou “não” conforme o resultado passar (sim) ou não passar (não) nos critérios da ISO 23936-2.

6. RELATÓRIO

O fornecedor de produtos químicos deve apresentar relatório com os resultados dos testes relacionados nesta Especificação Técnica para a função química que deseja qualificar, conforme a via de aplicação definida pela Petrobras. 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;
- Detalhes dos testes e fotos conforme descritos nos itens anteriores.

Todas as tabelas de apresentação de resultados estão descritas no item 5.

Caberá à Petrobras avaliar o relatório de resultados do fornecedor e verificar se todas as exigências desta ET foram atendidas.