

 <b>PETROBRAS</b>	<b>ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA</b>		Nº: ET-3000.00-1210-217-PPQ-001						
	PROGRAMA:		<b>Poços</b>					Folha 1 de 12	
	ÁREA:		<b>Completação</b>						
<b>POCOS/EP/ITC</b>	TÍTULO:		<b>Tube de Produção Revestido Internamente com GRE</b>					<b>PÚBLICA</b>	
								<b>POCOS/EP/ITC</b>	
Especificação Técnica de Requisitos									
<b>ÍNDICE DE REVISÕES</b>									
<b>REV.</b>	<b>DESCRIÇÃO E/OU FOLHAS ATINGIDAS</b>								
0	Original								
A	Excluído item 3.24 Alterado item 6.1.6 Alterado item 7.1								
B	Incluído item 6.5 Alterada tabela do item 7.1 Revisado item 8.1 Incluído item 8.2 Incluído item 8.3.1 Item 8.3.2: incluída a temperatura do teste, revisado o número de ciclos e incluída a necessidade de exposição por 24 h antes de cada ciclo. Incluído item 8.3.3 Revisado item 9 Excluído item 10								
	REV. 0	REV. A	REV. B	REV. C	REV. D	REV. E	REV. F	REV. G	REV. H
DATA	06/12/2019	22/01/2020	31/10/2022						
PROJETO	CTPS/QC	CTPS/QC	EP/ITC/ETP						
EXECUÇÃO	CTPS/QC	CTPS/QC	EP/ITC/ETP						
VERIFICAÇÃO	CTPS/QC	CTPS/QC	EP/ITC/ETP						
APROVAÇÃO	CTPS/QC	CTPS/QC	EP/ITC/ETP						
AS INFORMAÇÕES DESTE DOCUMENTO SÃO PROPRIEDADE DA PETROBRAS, SENDO PROIBIDA A UTILIZAÇÃO FORA DA SUA FINALIDADE.									
FORMULÁRIO PERTENCENTE À PETROBRAS									

	<b>ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA DE REQUISITOS</b>	Nº ET-3000.00-1210-217-PPQ-001	REV. B
	Completação		Folha 2 de 14
	TÍTULO: <b>TUBO DE PRODUÇÃO REVESTIDO INTERNAMENTE COM GRE</b>		PÚBLICA POCOS/EP/ITC

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	3
2	ESCOPO .....	3
3	DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA .....	3
4	TERMOS E DEFINIÇÕES .....	4
5	SIGLAS E ABREVIATURAS .....	4
6	DESCRIÇÃO DOS REQUISITOS FUNCIONAIS E TÉCNICOS.....	4
7	REQUISITOS DIMENSIONAIS .....	5
8	TESTES DE QUALIFICAÇÃO .....	6
9	DOCUMENTOS.....	13

	<b>ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA DE REQUISITOS</b>	Nº ET-3000.00-1210-217-PPQ-001	REV. B
	Completação		Folha 3 de 14
	TÍTULO: <b>TUBO DE PRODUÇÃO REVESTIDO INTERNAMENTE COM GRE</b>		PÚBLICA POCOS/EP/ITC

## 1 INTRODUÇÃO

Tubos de produção revestidos internamente com GRE – *Glass Reinforced Epoxy* são utilizados extensivamente na indústria de Óleo e Gás para prevenção de corrosão em poços injetores, embora também sejam empregados, em menor escala, em poços produtores. A maior aplicação de tubos com GRE é para reduzir custos da construção de poços, empregando-os em substituição de tubos em CRA (*Corrosion Resistant Alloy*). Portanto, com o objetivo de definir os requisitos técnicos e operacionais para a aquisição de tubos de produção revestidos internamente com GRE, foi elaborada esta Especificação Técnica de Requisitos (ET-R).

## 2 ESCOPO

Esta Especificação Técnica de Requisitos se destina a apresentar os requisitos técnicos e funcionais exigidos para a aquisição de tubos de produção revestidos internamente com GRE, a fim de reduzir custo de OCTG para prevenção de corrosão. Esta Especificação Técnica deve, portanto, garantir uma correta especificação dos elementos tubulares revestidos em resina epóxi reforçada com fibras de vidro para aplicação em poços da Petrobras, com foco em confiabilidade e desempenho.

## 3 DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

**API RP 15CLT** – *Recommended Practice for Composite Lined Steel Tubular Goods.*

**API SPEC 17J** – *Specification for Unbonded Flexible Pipe.*

**ASTM D1141** – *Standard Practice for the Preparation of Substitute Ocean Water.*

**ASTM D6272** - *Standard Practice for Use of Scrap Tires in Civil Engineering Applications.*

**ASTM E1640** - *Standard Test Method for Assignment of the Glass Transition Temperature By Dynamic Mechanical Analysis*

**ASTM D3567** – *Standard Practice for Determining Dimensions of “Fiberglass” (Glass-Fiber-Reinforced Thermosetting Resin) Pipe and Fittings.*

**ASTM D790** - *Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials.*

**ET-3000.00-1210-210-PPQ-001** – *Tubos, Conexões e Reduções para Revestimentos e Colunas de Produção*


**ISO 2578** - *Plastics - Determination of time-temperature limits after prolonged exposure to heat.*

**ISO 23936-1** - *Petroleum, petrochemical and natural gas industries - Non-metallic materials in contact with media related to oil and gas production Part 1: Thermoplastics.*

**ISO 23936-2** - *Petroleum, petrochemical and natural gas industries - Non-metallic materials in contact with media related to oil and gas production Part 2: Elastomers.*

**ISO 2578** - *Plastics - Determination of Time-Temperature Limits After Prolonged Exposure to Heat.*

**NORSOK M-710** – *Qualification of Non-Metallic Sealing Materials and Manufacturers.*

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA DE REQUISITOS	Nº ET-3000.00-1210-217-PPQ-001	REV. B
	Completação		Folha 4 de 14
	TÍTULO: TUBO DE PRODUÇÃO REVESTIDO INTERNAMENTE COM GRE	PÚBLICA POCOS/EP/ITC	

## 4 TERMOS E DEFINIÇÕES

Para efeito das aplicações tratadas neste documento, aplicam-se os termos e definições da API RP 15CLT. Além destes, deve-se considerar as definições a seguir:

- 4.1 Fluido supercrítico rico em CO<sub>2</sub> (SCCO<sub>2</sub>)** - fluido no estado supercrítico (pressão e temperatura acima do ponto crítico no diagrama de fases) rico em CO<sub>2</sub>, que combina propriedades de líquido e de gás, com pronunciado poder de solvatação.
- 4.2 RGD: Rapid Gas Decompression ou Explosive Decompression (ED)** - rápida queda de pressão em um sistema contendo gás em elevadas pressões, rompendo o equilíbrio entre a pressão externa de gás e a concentração de gás dissolvido dentro do material não metálico. O gás tentará escapar do material e, ainda, sofrerá expansão, podendo causar danos ao material não metálico (empolamentos ou *blisters* ou delaminações ao longo da espessura e/ou superfície do material).
- 4.3 Sistema** - conjunto composto por tubo de produção metálico revestido internamente com GRE, com cimento no espaço anular, pelas conexões Premium e pelos componentes que protegem a conexão, os quais devem ser informados (tipos de materiais) pelos fornecedores e incluídos na qualificação. São exemplos: anel de vedação e adaptadores.
- 4.4 WAG - Water Alternating Gas**, como método de EOR (*Enhanced Oil Recovery*), sendo o gás utilizado um fluido no estado supercrítico rico em CO<sub>2</sub> (SCCO<sub>2</sub>).

## 5 SIGLAS E ABREVIATURAS

**GRE** – *Glass Reinforced Epoxy* (Resina Epóxi Reforçada com Fibra de vidro)

**CBR** – Corrosion Barrier Ring

**DMA** – *Dynamic Mechanical Analysis* (Análise Dinâmico Mecânica)


**EOR** – *Enhanced Oil Recovery*

**Tg** – *Glass Temperature* (Temperatura de Transição Vítreia)

**FAT** – *Factory Acceptance Test*

## 6 DESCRIÇÃO DOS REQUISITOS FUNCIONAIS E TÉCNICOS

- 6.1** Os requisitos técnicos listados nesta ET-R deverão balizar os fornecedores acerca das necessidades técnicas e funcionais mínimas para tubos de produção revestidos internamente com GRE para emprego em poços da Petrobras.
- 6.2** O fornecedor deverá informar as características técnicas do tubo de produção revestido internamente com GRE oferecido, bem como das conexões e dos componentes que a protegem internamente.
- 6.3** Deverá ser providenciada toda a documentação comprobatória dos requisitos técnicos exigidos, conforme solicitado nesta ET, sendo o fornecedor responsável pela veracidade das informações. Caso o equipamento não atenda integralmente aos requisitos exigidos, o fornecedor tem a obrigação de informar estas diferenças à Petrobras, que ao seu critério, pode ou não aceitar eventuais discrepâncias.

	<b>ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA DE REQUISITOS</b>	Nº ET-3000.00-1210-217-PPQ-001	REV. B
	Completação		Folha 5 de 14
	TÍTULO: <b>TUBO DE PRODUÇÃO REVESTIDO INTERNAMENTE COM GRE</b>		PÚBLICA POCOS/EP/ITC

- 6.4** O sistema tubo de produção revestido internamente com GRE é composto por:
- 6.4.1 Tubo de produção conforme ET-3000.00-1210-210-PPQ-001 – Tubos, Conexões e Reduções para Revestimentos e Colunas de Produção.
- 6.4.2 Liner interno em resina epóxi reforçada com fibras de vidro. O processo de fabricação do compósito dever ser por filamento contínuo em resina epóxi.
- 6.4.3 Cimento para preencher o espaço anular entre tubo metálico e liner em resina epóxi.
- 6.4.4 Conjunto de proteção da conexão: Formado por anel de vedação e dois adaptadores, que devem dar continuidade a camisa interna em GRE.
- 6.5** O sistema tubo de produção revestido internamente com GRE deve permitir o estaleiramento dos tubos em seções na sonda.
- 6.6** O tubo revestido internamente em GRE deverá contemplar todo o ciclo de vida do poço, sendo obrigatório que o mesmo esteja íntegro enquanto o poço estiver operando.
- 6.7** O fornecedor deverá informar a temperatura máxima de utilização (temperature index) de seu GRE e dos componentes que protegem a conexão para 30 anos de operação. O fornecedor deve apresentar também os resultados dos ensaios de qualificação que comprovem essa adequação (determinação do temperature index), utilizando a metodologia e os critérios de falha descritos no item 8.1, bem como o 95 % LB (Lower Bound) Index (°C): Limite Inferior do Intervalo de Confiança de 95%.
- 6.8** O liner em GRE e os adaptadores devem suportar os carregamentos mecânicos (tração, compressão, flexão e torque) e de pressão (interna e externa), incluindo os efeitos combinados e ciclos de temperatura e pressão, aplicados à coluna de produção, mantendo seu desempenho mesmo nestas condições de carregamento, conforme requerido pela API 15 CLT.
- 6.9** O tubo em GRE deverá ser compatível com todos os produtos químicos empregados no poço, seja para tratamento químico do poço e/ou reservatório, como também de fluidos de completação ou de deslocamento, como também com os próprios fluidos injetados, conforme testes do item 8
- 6.10** O liner em GRE não poderá sofrer deminações e/ou desprendimento de material para o poço durante sua vida útil.
- 6.11** Deverão ser fornecidos todos os componentes que compõem o sistema tubo de produção revestido internamente em GRE.

## **7 REQUISITOS DIMENSIONAIS**

- 7.1** O tubo revestido em GRE deve garantir dimensionais de OCTG (ver ET-3000.00-1210-210-PPQ-001), conforme mostrado na Tabela 1.

Tabela 1: Dimensões de tubos de produção com GRE cobertas por esta ET.

Diâmetro nominal [pol]	Peso linear [lbm/pé]	ID mínimo do tubo revestido em GRE [pol]
3 ½	9,2	2,40
4 ½	12,6	3,30
4 ½	13,5	3,30
5 ½	17,0	4,30
5 ½	23,0	4,20
6 5/8	24,0	5,40
6 5/8	28,0	5,20
7 5/8	39,0	6,10

## 8 TESTES DE QUALIFICAÇÃO

No item 5 da API RP 15CLT (*Recommended Practice for Composite Lined Steel Tubular Goods*) são apresentados os testes recomendáveis a serem realizados nos materiais (*Materials Testing*) empregados como *liner* (revestimento interno) e sistema de proteção de conexão, além dos testes a serem realizados com os tubos revestidos (*Lined Tubing System Tests*).

O item 8 desta ET-R complementa os requisitos da Norma API RP 15CLT de modo a estabelecer os testes mandatórios e critérios de aceitação. A reprovação em um teste não necessariamente desqualifica o uso do material para todas as aplicações.

Deve ser apresentada pelo fornecedor, juntamente com os resultados obtidos, a metodologia referente às análises estatísticas adotadas na avaliação deles. Qualquer equação de regressão que venha a ser utilizada (seja para valores médios, seja para limites de intervalo de confiança) deve ser devidamente fornecida. Qualquer ponto (ou grupo de pontos) que, por qualquer razão, não seja utilizado para efeitos de determinação de curvas de regressão deve ser explicitamente destacado, devendo ser ainda justificada tecnicamente a sua não adoção para efeitos matemáticos de regressão.

### 8.1 Ensaios de envelhecimento (*ageing*) / imersão para determinação da vida útil (Arrhenius) - Testes com o Material Compósito do Liner

A API 15CLT apresenta os métodos que devem ser realizados para avaliar a degradação dos materiais utilizados – como *liner* (revestimento interno) – quando em contato com água, óleo ou produtos químicos.

Para água, deve-se considerar no máximo 3,5 % de NaCl, equivalente a 20.000 ppm de Cloreto (ASTM D1141). Para água, o envelhecimento só deve ser contabilizado a partir de um período inicial de pré-condicionamento do liner em GRE para fins de sua saturação com o fluido em questão, com comprovação através de acompanhamento de variação de massa com o tempo até atingimento de massa constante.

Como produtos químicos, devem-se avaliar, minimamente, os seguintes fluidos:

## 1. HCl 15%

Componente	Concentração	Unidade (%)
HCl @ 31%	1,5	v/v
Inibidor de corrosão	1,0	v/v
Butilglicol	10	v/v

## 2. Mud Acid 1

Componente	Concentração	Unidade (%)
HCl @ 31%	1,5	v/v
Bifluoreto de amônio	2,4	m/v
Inibidor de corrosão	1,0	v/v
Butilglicol	10	v/v

## 3. Mud Acid 2

Componente	Concentração	Unidade (%)
HCl @ 31%	1,5	v/v
Bifluoreto de amônio	4,8	m/v
Inibidor de corrosão	1,0	v/v
Butilglicol	10	v/v

## 4. Mud Acid orgânico 1

Componente	Concentração	Unidade (%)
Ácido fórmico @ 85%	8,2	v/v
Ácido acético @ 98%	5,1	v/v
Bifluoreto de amônio	1,6	m/v
Inibidor de corrosão	1,0	v/v
Butilglicol	10	v/v

## 5. Mud acid orgânico 2

Componente	Concentração	Unidade (%)
Ácido fórmico @ 85%	10,6	v/v
Ácido acético @ 98%	13,3	v/v
Bifluoreto de amônio	1,6	m/v
Inibidor de corrosão	1,0	v/v
Butilglicol	10	v/v

## 6. Mud Acid orgânico 3:

Componente	Concentração	Unidade (%)
HCl @ 31%	1,5	v/v
Bifluoreto de amônio	4,8	m/v
Inibidor de corrosão	1,0	v/v
HEDP @ 60% <sup>(*)</sup>	1,5	v/v
Butilglicol	10	v/v

(\*) Ácido etidrônico (Ácido hidroxí-etileno difosfônico).

Para produtos químicos, dada a maior agressividade dos meios, não é necessário pré-condicionamento.

Tais avaliações, água e produtos químicos, devem ser realizadas em temperaturas de aceleração de degradação (Método de Arrhenius). Tais temperaturas devem ser abaixo da  $T_g$  (determinada por DMA, conforme seção 8.1.1) e acima da temperatura de operação do compósito. Pode-se estabelecer 2000 h como tempo máximo médio de exposição em cada uma dessas 3 temperaturas. Devem-se realizar pelo menos 3 amostragens (retiradas) intermediárias. O intervalo de tempo entre retiradas sucessivas não deve ser inferior a aproximadamente 100 h e o intervalo entre a primeira e a última retirada não deve ser inferior a aproximadamente 1900 h. Para tempos máximos de exposição diferentes do acima sugerido (2000 h), manter proporcionalmente as relações temporais para as retiradas intermediárias ou condições alternativas de conservadorismo comprovadamente similar.

Como referência, para água, temperaturas de aceleração típicas encontram-se entre 105 e 150°C. Para produtos químicos, temperaturas de aceleração típicas encontram-se entre 60 e 80°C.

Para óleo, deve-se comprovar a maior severidade esperada para água realizando-se ensaio de envelhecimento em uma das temperaturas de aceleração adotadas para água, comparando-se as curvas. Caso o óleo mostre-se mais severo, as outras duas temperaturas da metodologia de Arrhenius devem ser realizadas. Para o teste em questão, deve-se utilizar o óleo tipo Norsok-M710 (70% heptano /20% ciclohexano/10% tolueno).

Os corpos de prova de compósitos devem ser retirados de calhas provenientes de dutos fabricados pelo fornecedor, nas condições regulares e representativas de fornecimento e de forma aleatória. Os corpos de prova do *liner* em GRE deverão ser retirados de tubos de *liner* em GRE para avaliação do comportamento em flexão, sendo sugeridas as seguintes dimensões: 100 mm de comprimento de arco (na direção circunferencial) e 20 mm de largura na direção axial.

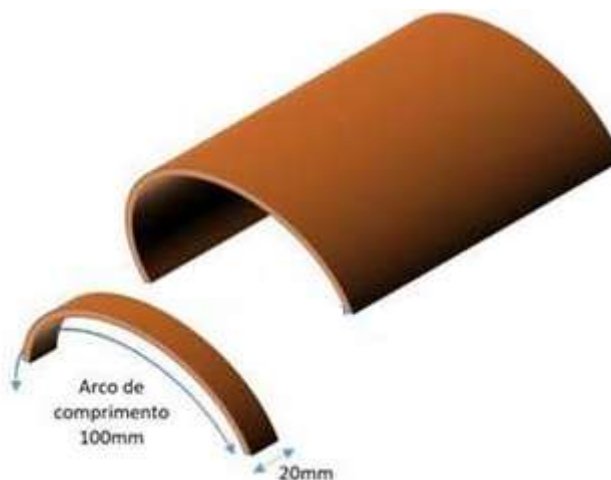


Figura 1: Esquema de corte de corpos de prova para ensaio de flexão.

Devem-se utilizar, no mínimo, 5 corpos de prova para cada um dos tempos de retirada para a determinação das propriedades Módulo e Tensão na Ruptura (Aparentes\*) a serem obtidos em ensaios de Flexão. Deve-se realizar o ensaio de Flexão (*Flexural Strength*), utilizando as Normas ASTM D790 e/ou ASTM D6272 ou comprovadamente equivalentes. Deve-se utilizar flexão em 3 ou 4 pontos. Devem-se registrar a Força e a Deflexão no Ponto de Ruptura, Tensão e Deformação na Ruptura (*Break Stress and Break Strain*) e o Módulo, todos aparentes\*. O Módulo de Elasticidade Aparente deve ser calculado pela tangente da curva de tensão x deformação (Seção 12.8 da ASTM D6272-10), levando-se em consideração criticamente o perfil da curva tensão x deformação. O termo aparente é usado devido ao emprego de amostras curvas, não padronizadas, para determinação das propriedades mecânicas do material.

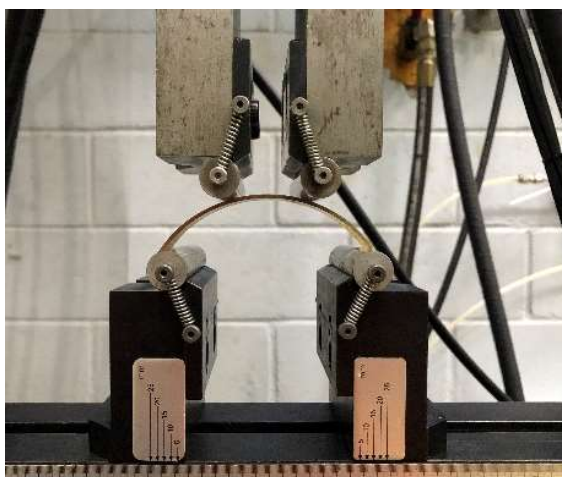


Figura 2: Ensaio de flexão em quatro pontos.

Os critérios de aceitação a serem utilizados são:

1. Ausência de fibras/feixes de fibras expostos por perda de resina a partir da inspeção visual dos corpos de prova, evidenciado com registro fotográfico completo (será considerado inaceitável o aspecto de *brush*, isto é, de feixes de fibras expostas);
2. Variação no Módulo Elástico Aparente inferior a  $\pm 50\%$ ;
3. Tensão na Ruptura igual ou superior a 100 MPa.

Deve-se utilizar como referência de propriedades os resultados referentes aos ensaios com corpos-de-prova obtidos dos materiais como recebidos (virgens/secos) ou condições alternativas de conservadorismo comprovadamente similar.

Como valores finais, devem-se utilizar os valores referentes aos materiais ensaiados após envelhecimento, para cada tempo de retirada dos ensaios de imersão. Devem ser apresentadas as análises estatísticas adotadas na avaliação.

Caso nenhum dos critérios de aceitação seja atingido ao final do tempo experimental de imersão, devem-se ajustar/extrapolar as curvas de regressão aos pontos experimentais obtidos, de modo a prever o desempenho a longo prazo e determinar conservativamente o tempo para a falha para os critérios/limites estabelecidos. Desta forma, se necessária, é feita uma extrapolação dos dados experimentais obtidos para o Módulo Elástico Aparente e para a Tensão na Ruptura Aparente para cada uma das 3 temperaturas. Devem-se apresentar as equações de cada curva de regressão utilizada para cada critério e os tempos para falha obtidos para cada uma das temperaturas. O Limite Inferior do Intervalo de Confiança de 95 % para as médias dos resultados relacionados aos parâmetros relacionados deve ser calculado e deve ser utilizado como referência adicional para critérios de segurança, a ser acordado entre as partes (fornecedor e comprador).

De acordo com a Norma ISO 2578 e com o modelo de Arrhenius, deve-se plotar o gráfico de  $1/T$  versus  $\text{Log}_{10}$  ou  $\text{Ln}$  (tempo para a falha) para cada uma das 3 temperaturas utilizando cada um dos critérios. Curvas de regressão deverão ser utilizadas para ajustar os pontos experimentais e a máxima temperatura de utilização (*temperature index*) do *liner* em GRE deve ser estabelecida para cada um dos critérios, considerando-se o tempo de vida do poço. Deve ser apresentada também a análise estatística e os limites de confiança dos dados, assim como o 95 % LB (*Lower Bound*): Limite Inferior do Intervalo de Confiança.

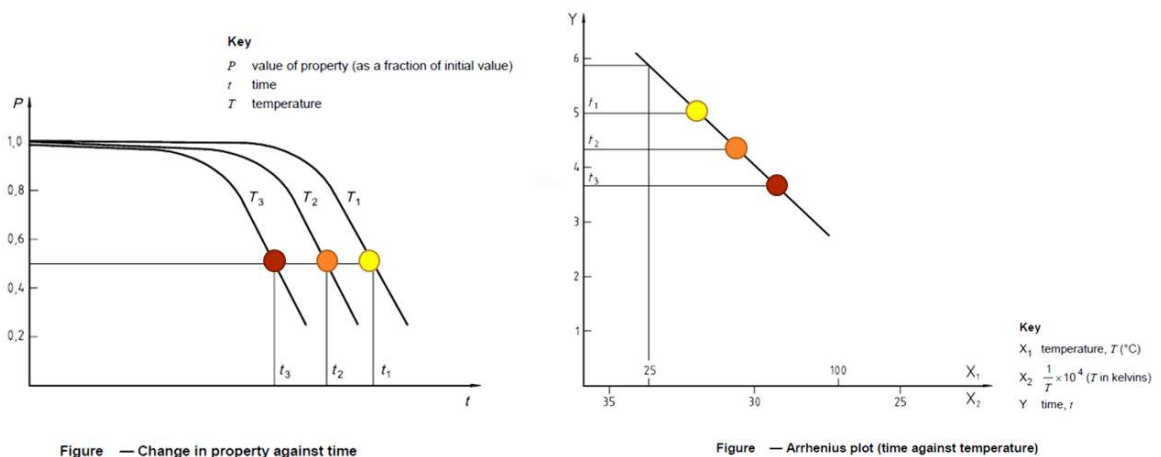



Figura 3: Metodologia de Arrhenius.

Nota: Todas as análises estatísticas utilizadas para tratamento dos dados experimentais devem ser apresentadas juntamente com os resultados dos ensaios.

### 8.1.1 Análise Dinâmico Mecânica (DMA) para Determinação da Tg do Liner em GRE

Devem-se realizar análises de DMA ou DMTA (Análise Dinâmico Mecânica) a fim de determinar a Tg (Temperatura de Transição Vítre) do GRE. Podem-se utilizar corpos de prova usinados do *liner* em GRE na direção axial. Devem-se utilizar corpos de prova não envelhecidos e os

	<b>ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA DE REQUISITOS</b>	Nº ET-3000.00-1210-217-PPQ-001	REV. B
	Completação		Folha 11 de 14
	TÍTULO: <b>TUBO DE PRODUÇÃO REVESTIDO INTERNAMENTE COM GRE</b>		PÚBLICA POCOS/EP/ITC

corpos-de-prova provenientes dos ensaios de envelhecimento acelerado. A Tg deverá ser determinada através do pico da curva  $\tan \delta$ , a partir do Módulo de Perda (E'') e do Módulo de Armazenamento (E'), conforme a Norma ASTM E1640.

## 8.2 Testes de envelhecimento com os Materiais do anel de vedação e adaptadores

Devem ser informadas as temperaturas máximas de utilização dos materiais utilizados como anel de vedação e adaptadores utilizando-se metodologia de Arrhenius de forma análoga ao descrito na seção 8.1, cabendo-se, contudo, as seguintes adaptações:

- Caso os materiais apresentem trackrecord rastreável a testes preliminares de metodologia igualmente robusta à aqui proposta e/ou rastreabilidade a aspectos de compatibilidade atestados em documentos internacionais como, por exemplo, mas não limitado a, ISO 23936-1 e ISO 23936-2, os testes mencionados na seção anterior poderão ser dispensados mediante evidências.
- As temperaturas de aceleração dos materiais não devem cruzar temperaturas críticas de mudança de comportamento, tais como, mas não limitado a, temperatura de amolecimento (HDT ou Vicat) e Tg.
- Como critérios de aceitação, devem-se utilizar os critérios propostos na ISO 23936-1 (para partes de Termoplásticos e seus compósitos) ou ISO 23936-2 (para partes em Elastômeros).
- As amostras de anel de vedação e adaptadores devem ser representativas do produto final e produzidas preferencialmente pelos mesmos processos produtivos. Caso processos alternativos sejam utilizados para produção dos corpos de prova (por limitação de obtenção dos corpos de prova a partir das peças originais comerciais), deve-se comprovar irrefutavelmente a representatividade/conservadorismo das amostras (utilizar DNV-ST-F119 ou similarmente robusto).
- Caso os elementos de conexão sejam em termofixos e seus compósitos, deve-se comprovar comportamento em degradação diante de fluidos (seção 8.1) superior ao GRE do liner. Para tanto, deve-se ensaio de envelhecimento em uma das temperaturas de aceleração adotadas para água na avaliação do liner de GRE, comparando-se as curvas. Caso o material mostre-se menos resistente que o liner de GRE, curvas específicas para o material devem ser levantadas conforme metodologia descrita na seção 8.1.


## 8.3 Testes com os Tubos Revestidos

Testes para avaliar o desempenho dos tubos revestidos com GRE, incluindo as conexões Premium.

### 8.3.1 *Make and break* da conexão

Devem ser realizadas 5 sequências de conexão e desconexão (*make and break*) do tubo com o GRE. Deve ser apresentado registro fotográfico da conexão, do anel de vedação e dos adaptadores antes e depois do teste.

Critério de aceitação: manutenção do padrão de make up e ausência de dano nos componentes.

	<b>ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA DE REQUISITOS</b>	Nº ET-3000.00-1210-217-PPQ-001	REV. B
	Completação		Folha 12 de 14
	TÍTULO: <b>TUBO DE PRODUÇÃO REVESTIDO INTERNAMENTE COM GRE</b>		PÚBLICA POCOS/EP/ITC

### 8.3.2 Testes de Descompressão Rápida

Antes da realização dos ensaios de descompressão, deve-se garantir saturação do material pelo fluido de interesse, garantindo equalização da pressão entre bore e anular. Tipicamente, 10 dias a 100°C em CO<sub>2</sub> para saturação de liners de espessura em torno de 1,5mm.

#### Teste 1:

- Taxa de descompressão de 15 bar/min, 20 ciclos (API SPEC 17J), considerando pressão inicial de 400 bar e pressão final de 250 bar. A temperatura inicial em cada ciclo deve ser 100° C.

OBS: A fim de verificar a condição final do liner em GRE, a despressurização até a pressão atmosférica, para permitir abertura da amostra, deve ser realizada com taxa suficientemente lenta para não induzir danos adicionais.

#### Teste 2:

- Taxa de descompressão de 15 bar/min, 20 ciclos, considerando pressão inicial de 400 bar e pressão final de 250 bar. A temperatura inicial em cada ciclo deve ser 100° C.
- Na mesma amostra deve ser realizado teste aplicando taxa de descompressão de 50 bar/min, 10 ciclos, considerando descompressão de pressão inicial de 650 bar até pressão atmosférica. A temperatura inicial em cada ciclo deve ser 100° C.

A cada ciclo dos testes 1 e 2 descritos acima, deve-se manter o bore nas condições de pressão, temperatura e fluido por 24h antes de cada evento de descompressão.


Critério de aceitação: Além de demonstrar a resistência ao colapso do liner, o fabricante deve apresentar evidências visuais (imagens) do liner em GRE mostrando se o liner apresentou delaminações (*blisters*) ou quaisquer discontinuidades após os ciclos de descompressão rápida.

### 8.3.3 Histórico de uso de GRE com operações de arame e perfilagem

Devem ser fornecidas evidências de testes em escala real ou histórico em campo que comprovem a resistência do GRE à abrasão durante operações com arame e perfilagem a cabo.

Tabela 2: Resumo dos testes

Teste	Amostra	item
Ensaio de envelhecimento e vida útil	Material compósito do liner	8.1
DMA para determinação da Tg	Material compósito do liner	8.1.1
Ensaio de envelhecimento e vida útil	Anel de vedação e adaptadores	8.2
<i>Make and break</i>	Tubo revestido com GRE + conexão	8.3.1
Descompressão rápida	Tubo revestido com GRE + conexão	8.3.2

	<b>ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA DE REQUISITOS</b>	Nº ET-3000.00-1210-217-PPQ-001	REV. B
	Completação		Folha 13 de 14
	TÍTULO: <b>TUBO DE PRODUÇÃO REVESTIDO INTERNAMENTE COM GRE</b>		PÚBLICA POCOS/EP/ITC

## 9 DOCUMENTOS

Os documentos necessários à análise e aprovação técnica do sistema deverão incluir pelo menos o seguinte:


- 9.1 IDP - Índice de Documentação de Projeto, lista de documentos com controle das revisões atualizados a cada emissão do documento.
- 9.2 Desenho esquemático do Sistema.
- 9.3 Desenhos das principais dimensões de cada componente do sistema;
- 9.4 Desenhos de conjunto dos componentes do sistema, incluindo lista de material com o nome dos fabricantes (subfornecedores) e especificações;
- 9.5 Especificações técnicas completas de cada componente do sistema;
- 9.6 Especificação de materiais (grades de resina e fibra, sistema de cura, sizing/finishing da fibra e teor fibra/resina) e critério de escolha em função do ambiente de instalação.
- 9.7 Certificados das capacidades mecânicas e envelope de operações dos equipamentos do sistema;

NOTA: Somente serão aceitos certificados emitidos por sociedades classificadoras com experiência reconhecida na certificação de equipamentos para uso na indústria de óleo e gás.

- 9.8 Memória de cálculo do dimensionamento de cada componente do sistema.
- 9.9 Procedimentos operacionais detalhados de instalação.
- 9.10 Certificação do sistema de gestão da unidade fabril. Todos os certificados deverão estar válidos quando solicitados pela PETROBRAS.

NOTA: O fornecedor deverá apresentar certificação válida API SPEC Q1 comprovando que está em conformidade com os requisitos da norma API vigente;

- 9.11 O fornecedor deve disponibilizar um Manual de Boas Práticas e todos os cuidados com manuseio, instalação e operação do sistema, incluindo as conexões, taxa de descompressão máxima obtida no item 8.3.2 e taxa de descompressão operacional recomendada.
- 9.12 Relatórios de testes de qualificação.
  - 9.12.1 A qualificação deverá conter pelo menos, sem estar limitada à, os testes descritos nesta seção e serem rigorosamente reportados para referência e classificação do sistema;
  - 9.12.2 Todos os componentes que compõe o sistema tubo de produção revestido internamente com GRE deverão ser qualificados para garantir que o sistema está em conformidade com as especificações da PETROBRAS e que são adequados às condições previstas de transporte, armazenagem, instalação e operação;
  - 9.12.3 Todos os testes deverão ser documentados em um relatório que também deverá incluir os dados de inspeção e procedimentos, apresentando os resultados obtidos através de dados brutos quando for necessário;
  - 9.12.4 O FAT deverá incluir os testes de performance metrológica e, de qualificação assim como apresentar as métricas de confiabilidade dos subsistemas e do sistema de aquisição e monitoramento não se limitando as probabilidades de falha, mas identificando os principais modos de falha e o modelo de falha utilizado (FMEA, conforme orientações e modelo do IEC-60812).

	<b>ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA DE REQUISITOS</b>	Nº ET-3000.00-1210-217-PPQ-001	REV. B
	Completação		Folha 14 de 14
	TÍTULO: <b>TUBO DE PRODUÇÃO REVESTIDO INTERNAMENTE COM GRE</b>	PÚBLICA POCOS/EP/ITC	

**9.13** Memorial descritivo do equipamento e ferramentas.

---

FIM DO DOCUMENTO