

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA		Nº: ET-3000.00-1210-217-PPQ-001						
	PROGRAMA: Poços		Folha 1 de 12						
	ÁREA: Completação								
POCOS/CTPS	TÍTULO: Tube de Produção Revestido Internamente com GRE		PÚBLICA						
			POCOS/CTPS/QC						
Especificação Técnica de Requisitos									
ÍNDICE DE REVISÕES									
REV.	DESCRIÇÃO E/OU FOLHAS ATINGIDAS								
0	Original								
A	Excluído item 3.24 Alterado item 6.1.6 Alterado item 7.1								
	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							
PROJETO	CTPS/QC	CTPS/QC							
EXECUÇÃO	CTPS/QC	CTPS/QC							
VERIFICAÇÃO	CTPS/QC	CTPS/QC							
APROVAÇÃO	CTPS/QC	CTPS/QC							
AS INFORMAÇÕES DESTES DOCUMENTOS SÃO PROPRIEDADE DA PETROBRAS, SENDO PROIBIDA A UTILIZAÇÃO FORA DA SUA FINALIDADE.									
FORMULÁRIO PERTENCENTE À PETROBRAS									

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA DE REQUISITOS	<small>Nº</small> ET-3000.00-1210-217-PPQ-001	<small>REV.</small> A
	Completação		Folha 2 de 12
	<small>TÍTULO:</small> TUBO DE PRODUÇÃO REVESTIDO INTERNAMENTE COM GRE		PÚBLICA POCOS/CTPS/QC

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	3
2	ESCOPO	3
3	DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA	3
4	TERMOS E DEFINIÇÕES	4
5	SIGLAS OU ABREVIATURAS	5
6	DESCRIÇÃO DOS REQUISITOS FUNCIONAIS E TÉCNICOS.....	5
7	REQUISITOS DIMENSIONAIS	6
8	TESTES DE QUALIFICAÇÃO	7
9	DOCUMENTAÇÃO	10
10	DOCUMENTAÇÃO EXTRA	11

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA DE REQUISITOS	Nº ET-3000.00-1210-217-PPQ-001	REV. A
	Completação		Folha 3 de 12
	TÍTULO: TUBO DE PRODUÇÃO REVESTIDO INTERNAMENTE COM GRE		PÚBLICA POCOS/CTPS/QC

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 os cenários elencados pela Petrobras, com foco em confiabilidade e desempenho.

3 DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

- 3.1 **API RP 15CLT** – *“Recommended Practice for Composite Lined Steel Tubular Goods”*.
- 3.2 **ASTM D1141 – 98 (Reapproved 2013)** - *Standard Practice for the Preparation of Substitute Ocean Water*.
- 3.3 **ISO 11346** - *Rubber, vulcanized or thermoplastic Estimation of lifetime and maximum temperature of use*.
- 3.4 **API Specification 5CT**, *Specification for Casing and Tubing*.
- 3.5 **API Specification 15HR**, *High Pressure Fiberglass Line Pipe*.
- 3.6 **ASTM D 4745** - *Standard Specification for Filled Compounds of Polytetrafluoroethylene (PTFE) Molding and Extrusion Materials*.
- 3.7 **ISO 2578**, *Plastics - Determination of time-temperature limits after prolonged exposure to heat*.
- 3.8 **ISO 178**, *Plastics - Determination of flexural properties*.
- 3.9 **ISO 13679**, *Petroleum and natural gas industries - Procedures for testing casing and tubing connections*.
- 3.10 **ISO 11960**, *Petroleum and natural gas industries – Steel Pipes for use as casing or tubing for wells*.
- 3.11 **ISO 13680**, *Petroleum and natural gas industries — Corrosion-resistant alloy seamless tubes for use as casing, tubing and coupling stock — Technical delivery conditions*.
- 3.12 **ISO 11357-2**, *Plastics - Differential scanning calorimetry (DSC) - Part 2: Determination of Glass Transition Temperature*.


	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA DE REQUISITOS	Nº ET-3000.00-1210-217-PPQ-001	REV. A
	Completação		Folha 4 de 12
	TÍTULO: TUBO DE PRODUÇÃO REVESTIDO INTERNAMENTE COM GRE		PÚBLICA POCOS/CTPS/QC

- 3.13 ISO 15156 (Parts 1, 2, & 3), Petroleum and natural gas industries - Materials for use in H₂S-containing environments in oil and gas production**
- 3.14 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.**
- 3.15 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.**
- 3.16 ISO 2578 - Plastics - Determination of Time-Temperature Limits After Prolonged Exposure to Heat.**
- 3.17 ASTM D6272 - Standard Practice for Use of Scrap Tires in Civil Engineering Applications.**
- 3.18 ASTM D2996 (2007) - "Standard Specification for Filament-Wound Fiberglass (Glass-Fiber-Reinforced Thermosetting-Resin) Pipe".**
- 3.19 ASTM D3567 (2006) – "Standard Practice for Determining Dimensions of "Fiberglass" (Glass-Fiber-Reinforced Thermosetting Resin) Pipe and Fittings".**
- 3.20 ASTM D790 - Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials.**
- 3.21 ASTM D2290 - Standard Test Method for Apparent Hoop Tensile Strength of Plastic or Reinforced Plastic Pipe by Split Disk Method.**
- 3.22 ASTM D2583 - Standard Test Method for Indentation Hardness of Rigid Plastics by Means of a Barcol Impressor.**
- 3.23 ASTM D3418 - Standard Test Method for Transition Temperatures and Enthalpies of Fusion and Crystallization of Polymers by Differential Scanning Calorimetry ISO 11960:2003 – Petroleum and natural gas industries - Steel pipes for use as casing or tubing for wells.**
- 3.24 NORSOK M-710 – Qualification of Non-Metallic Sealing Materials and Manufacturers.**

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 CO₂ (SCCO₂)** - fluido no estado supercrítico (pressão e temperatura acima do ponto crítico no diagrama de fases) rico em CO₂, 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.

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA DE REQUISITOS	Nº ET-3000.00-1210-217-PPQ-001	REV. A
	Completação		Folha 5 de 12
	TÍTULO: TUBO DE PRODUÇÃO REVESTIDO INTERNAMENTE COM GRE		PÚBLICA POCOS/CTPS/QC

4.4 WAG - *Water Alternating Gas*, como método de EOR (*Enhanced Oil Recovery*), sendo o gás utilizado um fluido no estado supercrítico rico em CO₂ (SCCO₂).


5 SIGLAS E ABREVIATURAS

- 5.1 GRE** – *Glass Reinforced Epoxy* (Resina Epóxi Reforçada com Fibra de vidro);
- 5.2 PPSBS** – Pólo Pré-Sal da Bacia de Santos
- 5.3 SDSS** – Super Duplex Stainless Steel
- 5.4 CBR** – Corrosion Barrier Ring
- 5.5 DMA** – Dynamic Mechanical Analysis (Análise Dinâmico Mecânica)
- 5.6 EOR** – Enhanced Oil Recovery
- 5.7 Tg** – Glass Temperature (Temperatura de Transição Vítre)
- 5.8 PTFE** – Politetrafluoretileno

6 DESCRIÇÃO DOS REQUISITOS FUNCIONAIS E TÉCNICOS

6.1 PREMISSAS

- 6.1.1 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 submarinos do sistema Petrobras. A especificação exata do equipamento a ser encomendado será estabelecida na ET-RBS, que deverá seguir os requisitos desta ET-R, delineando as características do cenário de aplicação específico, definido para o processo de contratação.
- 6.1.2 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, e estas deverão atender aos requisitos fornecidos pela Petrobras através dos documentos ET-R e ET-RBS.
- 6.1.3 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.
- 6.1.4 O sistema tubo de produção revestido internamente com GRE é composto por:
 - 6.1.4.1 Tubo de produção conforme ET-3000.00-1210-210-PPQ-001 – Tubos, Conexões e Reduções para Revestimentos e Colunas de Produção.
 - 6.1.4.2 Liner interno em resina epóxi reforçada com fibras de vidro. O processo de fabricação do compósito deve ser por filamento contínuo em resina epóxi.
 - 6.1.4.3 Cimento para preencher o espaço anular entre tubo metálico e liner em resina epóxi.

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA DE REQUISITOS	Nº ET-3000.00-1210-217-PPQ-001	REV. A
	Completação		Folha 6 de 12
	TÍTULO: TUBO DE PRODUÇÃO REVESTIDO INTERNAMENTE COM GRE		PÚBLICA POCOS/CTPS/QC

- 6.1.4.4 Conjunto de proteção da conexão: Formado por anel de vedação e dois adaptadores, que devem dar continuidade a camisa interna em GRE.
- 6.1.5 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.
- 6.1.6 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%.
- 6.1.7 Uma vez instalado no poço, o liner em GRE deverá proteger o tubo metálico contra corrosão, de forma permanente, ou seja, até que o poço seja descomissionado.
- 6.1.8 Uma vez instalado no poço, o liner em GRE deverá suportar choques, vibração e abrasão devido à operação *through tubing*.
- 6.1.9 O liner em GRE e os adaptadores devem suportar os carregamentos mecânicos (tração, compressão, flexão e torque) e de pressão (interna e externa) aplicados à coluna de produção durante e após a instalação no poço, mantendo seu desempenho mesmo nestas condições de carregamento.
- 6.1.10 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.
- 6.1.11 O liner em GRE não poderá sofrer delaminações e/ou desprendimento de material para o poço durante sua vida útil.
- 6.1.12 A proposta deverá prever o fornecimento de todos os componentes que compõem o sistema tubo de produção revestido internamente em GRE.
- 6.1.13 O fornecedor deve disponibilizar um Manual de Boas Práticas, englobando compatibilidade química, taxas de descompressão admissíveis e todos os cuidados com manuseio, instalação e operação do sistema, incluindo as conexões.
- 6.1.14 O fornecedor deve considerar os efeitos de carregamento combinados como, por exemplo, uma combinação de compressão/pressão interna e ciclos de pressão e temperatura e alertar para os possíveis modos de falha, informando quais são as recomendações.

7 REQUISITOS DIMENSIONAIS

- 7.1 O tubo revestido em GRE deve garantir dimensionais de OCTG (ver ET-3000.00-1210-210-PPQ-001) e do próprio *liner* em GRE conforme mostrado na tabela 7.1.

Diâmetro nominal [pol]	Peso linear [lbm/pé]	ID liner em GRE [pol]	ID mínimo tubo revestido em GRE [pol]
3 ½	9,2	2,75	2,60
4 ½	11,6	3,60	3,50
4 ½	12,6	3,60	3,50

5 1/2	13,5	3,60	3,50
5 1/2	17,0	4,52	4,39
5 1/2	23,0	4,40	4,29
6 5/8	24,0	5,56	5,42
6 5/8	28,0	5,40	5,26
7 5/8	39,0	6,25	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 requisitos mandatórios e critérios de aceitação.

Deve ser apresentada pelo fornecedor, juntamente com os resultados obtidos, a metodologia referente às análises estatísticas adotadas na avaliação dos mesmos. 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 os Materiais


No item 5.1.1 da API 15CLT (*Material Capability in Produced or Injected Fluids*) são apresentados os métodos que devem ser realizados para avaliar a degradação dos materiais utilizados – como *liner* (revestimento interno), anel de vedação e adaptadores – quando em contato com fluidos descritos na ET-RBS. Os fluidos e as condições experimentais são definidos como envelope de aplicação na ET-RBS. Tais avaliações devem ser realizadas em temperaturas de aceleração de degradação (Método de Arrhenius), conforme orientações a seguir.

Nota: Os corpos de prova devem ser retirados de calhas provenientes de dutos fabricados pelo fornecedor, nas condições regulares de fornecimento e de forma aleatória. Retiradas intermediárias devem ser realizadas ao longo do ensaio de imersão, conforme descrito a seguir. Para cada uma das propriedades avaliadas em cada imersão, devem-se calcular as variações, utilizando como valores iniciais os resultados referentes aos ensaios com corpos-de-prova obtidos dos materiais como recebidos (virgens) e / ou referentes aos materiais pré-condicionados.

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.

8.1.1 Propriedades Mecânicas do *liner* em GRE

Para avaliação do envelhecimento do *liner* em GRE, devem ser realizados testes/ensaios, apresentados a seguir:

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA DE REQUISITOS	Nº ET-3000.00-1210-217-PPQ-001	REV. A
	Completação		Folha 8 de 12
	TÍTULO: TUBO DE PRODUÇÃO REVESTIDO INTERNAMENTE COM GRE		PÚBLICA POCOS/CTPS/QC

Deve ser realizada imersão em fluido definido na ET-RBS em três temperaturas a fim de determinar a vida útil do GRE na condição operacional. Tais temperaturas, ditas “temperaturas de aceleração” devem ser no máximo 10°C abaixo da T_g do material e no mínimo 20 °C acima da temperatura de operação. Pode-se estabelecer 2000 h como tempo máximo 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 100 h e o intervalo entre a primeira e a última retirada não deve ser inferior a 1900 h. Para tempos máximos de exposição diferentes do acima sugerido (2000 h), manter proporcionalmente as relações temporais para as retiradas intermediárias.

O pré-condicionamento do liner em GRE deve ser feito com fluido definido na ET-RBS até sua saturação, com comprovação através de acompanhamento de variação de massa com o tempo até atingimento de massa constante.

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, descritos a seguir, assim como os critérios de aceitação associados a cada um dos parâmetros avaliados.


1. Inspeção visual com registro fotográfico completo, em especial observando a eventual exposição de feixes de fibras por perda de resina (será considerado inaceitável o aspecto de *brush*, isto é, de feixes de fibras expostas);
2. A variação no Módulo Elástico Aparente não deve ultrapassar $\pm 50\%$;
3. A Tensão na Ruptura deve ser igual ou superior a 100 MPa.

Nota: Para os critérios 2 e 3 supracitados, 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*. Os corpos de prova do *liner* em GRE deverão ser retirados de tubos de *liner* em GRE, sendo sugeridas as seguintes dimensões: 100 mm de comprimento de arco (na direção circunferencial) e 20 mm de largura na direção axial. O Módulo de Elasticidade Aparente deve ser calculado pela tangente da curva de tensão x deformação (Seção 12.8 da ASTM D6272-10).

(*) O termo aparente é usado devido ao emprego de amostras curvas, não padronizadas, para determinação das propriedades mecânicas do material.

Caso nenhum dos critérios de aceitação seja atingido ao final do tempo experimental de imersão, devem-se ajustar 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 Log_{10} (tempo para a falha) para cada uma das 3 temperaturas utilizando cada um

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA DE REQUISITOS	Nº ET-3000.00-1210-217-PPQ-001	REV. A
	Completação		Folha 9 de 12
	TÍTULO: TUBO DE PRODUÇÃO REVESTIDO INTERNAMENTE COM GRE	PÚBLICA POCOS/CTPS/QC	

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.

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

8.1.2 Variação de Massa do Liner em GRE

Deve-se também registrar em um gráfico a variação de massa x tempo de exposição para cada uma das 3 temperaturas dos ensaios de envelhecimento acelerado (item 8.1.1). Ao realizar os ensaios de envelhecimento acelerado descrito no item 8.1.1, é recomendável realizar a medição de espessura do *liner*, conforme ASTM D 3567, em cada retirada.

8.1.3 Ensaios de Compatibilidade com Produtos Químicos do Liner em GRE

Para aplicações que envolvam exposição do liner de GRE a produtos químicos, a compatibilidade química deve ser avaliada. Para tanto, devem ser realizados ensaios de exposição (imersão) considerando as temperaturas, tempos de residência/exposição e concentrações dos produtos químicos conforme descritas na ET-RBS.

O tempo de residência/exposição deve ser determinado considerando-se as duas possibilidades abaixo:


- a) **Injeção contínua** – nesse caso, procede-se conforme descrito no item 8.1.1, a menos que haja evidências robustas e rastreáveis de compatibilidade.
- b) **Injeções pontuais ao longo da vida do poço** – nesse caso, deve-se calcular o número total de operações a serem realizadas durante a vida útil completa do poço, sendo este somatório, com margem de segurança, determinado como o tempo total de ensaio, a menos que haja evidências robustas e rastreáveis de compatibilidade.

Devem ser adotados como critérios de aceitação:

1. Inspeção visual com registro fotográfico completo, em especial observando a eventual exposição de feixes de fibras por perda de resina (será considerado inaceitável o aspecto de *brush*, isto é, de várias fibras expostas uma próxima a outra);
2. A variação no Módulo Elástico Aparente não deve ultrapassar 50 %;
3. A Tensão na Ruptura deve ser igual ou superior a 100 MPa.

Nota: Para os critérios 2 e 3 supracitados, 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. Os corpos de prova do *liner* em GRE deverão ser retirados de tubos de *liner* em GRE, sendo sugeridas as seguintes dimensões: 100 mm de comprimento de arco (na direção circunferencial) e 20 mm de largura na direção axial. O Módulo de Elasticidade Aparente deve ser calculado pela tangente da curva de tensão x deformação (Seção 12.8 da ASTM D6272-10).

8.1.4 DMA – Análise Dinâmico Mecânica para Determinação da Tg do Liner em GRE

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA DE REQUISITOS	Nº ET-3000.00-1210-217-PPQ-001	REV. A
	Completação		Folha 10 de 12
	TÍTULO: TUBO DE PRODUÇÃO REVESTIDO INTERNAMENTE COM GRE		PÚBLICA POCOS/CTPS/QC

Devem-se realizar análises de DMA ou DMTA (Análise Dinâmico Mecânica) a fim de determinar a Tg (Temperatura de Transição Vítrea) do GRE. Podem-se utilizar corpos de prova usinados do *liner* em GRE na direção axial. Devem-se utilizar corpos de prova não envelhecidos (pré-condicionados ou não) e os corpos-de-prova provenientes dos ensaios de envelhecimento acelerado (item 8.1.1). 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.

8.1.5 Testes 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. A fim de se avaliar a compatibilidade físico-química com os fluidos injetados e produzidos, recomenda-se, a título de referência, a utilização das seguintes Normas: API RP 15CLT (itens 5.1.1 e 5.1.3), ISO 23936-1 (Termoplásticos), ISO 23936-2 (Elastômeros) e API 17 TR6.

8.1.6 Testes com os Tubos Revestidos

Testes para avaliar o desempenho dos tubos revestidos com GRE, incluindo as conexões Premium, devem ser realizados de modo a atender ao item 5.2 da API RP 15CLT (*Lined Tubing System Tests*) o qual engloba subitens do 5.2.1 ao 5.2.5.

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 descontinuidades após os ciclos de descompressão rápida. O fabricante deve informar se essas delaminações expuseram fibras ou não. Os testes devem ser realizados da seguinte maneira:

Teste 1:

- Taxa de descompressão de 15 bar/min, 100 ciclos, considerando pressão inicial de 400 bar e pressão final de 250 bar.

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, 100 ciclos, considerando pressão inicial de 400 bar e pressão final de 250 bar;
- 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.

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.

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA DE REQUISITOS	Nº ET-3000.00-1210-217-PPQ-001	REV. A
	Completação		Folha 11 de 12
	TÍTULO: TUBO DE PRODUÇÃO REVESTIDO INTERNAMENTE COM GRE		PÚBLICA POCOS/CTPS/QC
<p>9.3 Desenhos das principais dimensões de cada componente do sistema, em especial dos componentes críticos às operações de pescaria;</p> <p>9.4 Desenhos de conjunto dos componentes do sistema;</p> <p>9.5 Especificações técnicas completas de cada componente do sistema;</p> <p>9.6 Certificados das capacidades mecânicas e envelope de operações dos equipamentos do sistema;</p> <p>NOTA: Somente serão aceitos certificados emitidos por sociedades classificadoras com experiência reconhecida na certificação de equipamentos para uso na indústria de óleo e gás.</p> <p>9.7 Procedimentos operacionais detalhados de instalação e recuperação incluindo o plano de contingências;</p> <p>9.8 Certificação do sistema de gestão da unidade fabril. Todos os certificados deverão estar válidos quando solicitados pela PETROBRAS.</p> <p>NOTA: O fornecedor deverá apresentar certificação válida API SPEC Q1 comprovando que está em conformidade com os requisitos da norma API vigente;</p> <p>9.9 Relatórios de testes de qualificação.</p> <p>9.9.1 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;</p> <p>9.9.2 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;</p> <p>9.9.3 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;</p> <p>9.9.4 Além dos requerimentos descritos nesta seção, os testes deverão seguir, no que couber e complementarmente, normas e padrões internacionais de aceitação e qualificação;</p> <p>9.9.5 O fornecedor deverá apresentar um procedimento de diagnóstico de falha dos equipamentos nos procedimentos operacionais assim como simular possíveis falhas durante o SIT;</p> <p>9.9.6 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).</p> <p>10 DOCUMENTAÇÃO EXTRA</p> <p>10.1 Os documentos descritos a seguir são escopo de fornecimento e devem estar disponíveis para análise e aprovação técnica, disponibilizados em meio eletrônico no formato PDF.</p> <p>10.1.1 Memória de cálculo do dimensionamento de cada componente do sistema.</p> <p>10.1.2 Desenho mecânico do equipamento completo, contendo dimensões e detalhamento técnico suficiente para julgamento de conformidade com esta ET.</p>			

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA DE REQUISITOS	Nº ET-3000.00-1210-217-PPQ-001	REV. A
	Completação		Folha 12 de 12
	TÍTULO: TUBO DE PRODUÇÃO REVESTIDO INTERNAMENTE COM GRE		PÚBLICA POCOS/CTPS/QC

- 10.1.3 Desenhos mecânicos de cada componente, contendo dimensões e detalhamento técnico suficiente para atender às operações de instalação e pescaria.
- 10.1.4 Especificação de materiais e critério de escolha em função do ambiente de instalação.
- 10.1.5 Desenhos de conjunto.
- 10.1.6 Desenhos devem contemplar lista de material e especificação de materiais.
- 10.1.7 Desenhos devem indicar dimensão e o peso estimado.
- 10.1.8 Procedimentos operacionais detalhados de instalação.
- 10.1.9 Memorial descritivo do equipamento e ferramentas.
- 10.2** Os documentos descritos a seguir são escopo de fornecimento e devem estar disponíveis para análise e aprovação técnica da Petrobras:
- 10.2.1 Manual técnico de cada componente contendo pelo menos: *part number*, descrição, materiais utilizados na fabricação, envelope operacional e relatório de testes de qualificação.
- 10.2.2 Lista com o status de todos os componentes já homologados e que devem ser homologados.
- 10.2.3 Lista de componentes e equipamentos com o nome dos fabricantes (subfornecedores), modelo, aplicação e indicação se trata de protótipo ou não.
- 10.2.4 Todos os desenhos devem ter formato A3.
- 10.2.5 Seção com lista de desvios (caso existam).

FIM DO DOCUMENTO