

 PETROBRAS	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA		Nº: ET-3000.00-1210-612-PPQ-006
	PROGRAMA: POCOS		Folha 1 de 25
	ÁREA: FLUIDOS, ESTIMULAÇÃO E CONTENÇÃO DE AREIA		
POCOS/EP/IDE/COMP	TÍTULO: Equipamentos e Serviços de uma Planta de Estimulação em embarcação		PÚBLICA
			POCOS/EP/IDE/COMP

ÍNDICE DE REVISÕES

REV.	DESCRIÇÃO E/OU FOLHAS ATINGIDAS
0	Edição original.
A	Revista concentração do EDTA em 5.1.4, revisão de viscosímetro em linha em 5.3.18 e 5.3.19 e revisão de requisitos de produtos químicos - item 5.8.
B	Atualização nos itens 5.1.18, 5.1, 5.2 (adição de nota sobre embarcação especialista), 5.3.6, 5.6 e 5.7, na tabela 1 do item 5.8, 6.11.30 e 6.11.32.
C	Alteração da nomenclatura WSV para WSSV.

	REV. 0	REV. A	REV. B	REV. C	REV. D	REV. E	REV. G
DATA	20/02/2019	24/07/2019	29/01/2019	28/03/2023			
PROJETO	CTPS/QC	PROJ-FLUI	CTPS/QC	IDE/COMP			
EXECUÇÃO	CTPS/QC	PROJ-FLUI	CTPS/QC	IDE/COMP			
VERIFICAÇÃO	PROJ-FLUI	CTPS/QC	PROJ-FLUI	PROJ-CA			
APROVAÇÃO	CTPS/QC	CTPS/QC	CTPS/QC	IDE/COMP			

AS INFORMAÇÕES DESTES DOCUMENTOS SÃO PROPRIEDADE DA PETROBRAS, SENDO PROIBIDA A UTILIZAÇÃO FORA DA SUA FINALIDADE.

FORMULÁRIO PERTENCENTE À PETROBRAS

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Nº ET-3000.00-1210-612-PPQ-006	REV. C
	POCOS		Folha 2 de 25
	TÍTULO: Equipamentos e Serviços de uma Planta de Estimulação em embarcação	PÚBLICA POCOS/EP/IDE/COMP	

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	3
2	ESCOPO	3
3	DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA	3
4	TERMOS E DEFINIÇÕES	5
5	DESCRIÇÃO DOS REQUISITOS FUNCIONAIS E TÉCNICOS.....	5
6	REQUISITOS TÉCNICOS COMPLEMENTARES E TESTE DE ACEITAÇÃO	20
7	DOCUMENTAÇÃO	25

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Nº ET-3000.00-1210-612-PPQ-006	REV. C
	POCOS		Folha 3 de 25
	TÍTULO: Equipamentos e Serviços de uma Planta de Estimulação em embarcação		PÚBLICA

1 INTRODUÇÃO

As operações de estimulação, contenção de areia e tratamentos químicos são indispensáveis na construção e na manutenção dos poços de petróleo, devido aos benefícios alcançados com seu emprego, que podem promover a recuperação e ampliação do potencial de produção ou injeção de poços.

Normalmente estas operações são realizadas por intermédio de embarcações especiais do tipo WSSV (*Well Stimulation Support Vessel*), pois a mobilidade, a capacidade fabril e a utilização de planta de fluidos exclusiva para trabalhos com fluidos especiais e corrosivos credenciam, em termos econômicos e operacionais, esse tipo de embarcação à realização de estimulação, contenção de areia e tratamentos químicos, que envolvem grandes volumes de fluidos a altas pressões e vazões de bombeio.

2 ESCOPO

O objetivo desta ET-R é especificar tecnicamente os serviços e equipamentos de uma planta de estimulação a serem instalados em uma embarcação com sistema de posicionamento DP2 ou superior.

Este documento contém as bases de validação para equipamentos e serviços para estimulação, contenção de areia e tratamentos químicos, atuando como guia para fornecedores e como base para a especificação técnica para requisição de bens e serviços.

3 DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

- 3.1 **API SPEC Q2** – “Specification for Quality Management System Requirements for Service Supply Organization for the Petroleum and Natural Gas Industries”;
- 3.2 **API 2C** – “Offshore Pedestal-mounted Cranes”;
- 3.3 **API 17B** – “Recommended Practice for Flexible Pipe”;
- 3.4 **API 520-1** – “Sizing, Selection and Installation of Pressure-relieving Devices”;
- 3.5 **API 521** – “Pressure-relieving and Depressuring systems”;
- 3.6 **API 610** – “Centrifugal Pumps for Petroleum, Petrochemical and Natural Gas Industries”;
- 3.7 **API 652** – “Linings of Aboveground Petroleum Storage Tank bottoms”;
- 3.8 **API 653** – “Tank Inspection, Repair, Alteration and Reconstruction”;
- 3.9 **API 670** – “Machinery Protection Systems”;
- 3.10 **API 674** – “Positive Displacement Pumps – Reciprocating”;
- 3.11 **API 677** – “General Purpose Gear Unit for Petroleum, Chemical and Gas Industry Services”;
- 3.12 **API 682** – “Shaft Sealing System for Centrifugal and Rotary Pumps”;
- 3.13 **ASME B31.3** – “Process Piping Design”;

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Nº ET-3000.00-1210-612-PPQ-006	REV. C
	POCOS		Folha 4 de 25
	TÍTULO: Equipamentos e Serviços de uma Planta de Estimulação em embarcação		PÚBLICA POCOS/EP/IDE/COMP
<p>3.14 ASME B73.1 – “Horizontal End Suction Pumps for Chemical Process”;</p> <p>3.15 ASME B73.2 – “Vertical In Line Centrifugal Pumps for Chemical Process”;</p> <p>3.16 ASME/BPVC Sec. VIII Div.1 – “Rules for Construction of Pressure Vessels”;</p> <p>3.17 ASME/BPVC Sec. IX – “Qualification Standard for Welding, Brazing and Fusing Procedures”;</p> <p>3.18 ASTM D891 – “Standard Test Methods for Specific Gravity, Apparent, of Liquid Industrial Chemicals”;</p> <p>3.19 ASTM E70 – “Standard Test Method for pH of Aqueous Solutions With the Glass Electrode”;</p> <p>3.20 IEC 60092-502 – “Electrical Installation in Ships – Tankers – Special Features”;</p> <p>3.21 IEC 61892-6 – “Mobile and Fixed Offshore Units - Electrical Installations”;</p> <p>3.22 ISO 2808 – “Paints and varnishes — Determination of film thickness”;</p> <p>3.23 ISO 20340 – “Paints and varnishes — Performance requirements for protective paint systems for offshore and related structures”;</p> <p>3.24 ISO 12944-2 – “Paints and varnishes — Corrosion protection of steel structures by protective paint systems — Part 2: Classification of environments”;</p> <p>3.25 ISO 12944-4 – “Paints and varnishes — Corrosion protection of steel structures by protective paint systems — Part 4: Types of surface and surface preparation”;</p> <p>3.26 NACE MR 0175/ISO 15156 – “Materials for use in H₂S-containing Environments in Oil and Gas Production”;</p> <p>3.27 NR-13 – Caldeiras e Vasos de Pressão.</p> <p>PADRÕES DEPENDENTES DE MATERIAIS EMPREGADO NO REVESTIMENTO</p> <p>3.28 ASTM C581 – “Determining Chemical Resistance of Thermosetting Resins used in glass-fiber-reinforced Structures Intended for Liquid Service”;</p> <p>3.29 ISO 7620 – “Rubber materials – Chemical Resistance”;</p> <p>3.30 NACE No. 10/SSPC-PA 6 – “Fiberglass-Reinforced Plastic (FRP) Linings Applied to Bottoms of Carbon Steel Aboveground Storage Tanks”;</p> <p>3.31 NACE No. 11/SSPC-PA 8 – “Thin-Film Organic Linings Applied in New Carbon Steel Process Vessels”.</p>			

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Nº ET-3000.00-1210-612-PPQ-006	REV. C
	POCOS		Folha 5 de 25
	TÍTULO: Equipamentos e Serviços de uma Planta de Estimulação em embarcação		PÚBLICA POCOS/EP/IDE/COMP

4 TERMOS E DEFINIÇÕES

- API – *American Petroleum Institute*
- ASME – *American Society of Mechanical Engineers*
- EMBARCAÇÃO MULTIPROPÓSITO: Apta a realizar operações de contenção de areia, acidificação, fraturamento com agente de sustentação e ácido e tratamentos químicos com os equipamentos de sua planta industrial.
- EMBARCAÇÃO ESPECIALISTA: Apta a realizar parte das operações da embarcação multipropósito, com restrições de acordo com os requisitos da ET-RBS.
- Equipamentos críticos – unidades de bombeio de alta potência e pressão (*frac pumps*), tanques e componentes que possuem contato com fluidos ácidos, quelantes ou inflamáveis, *blenders*, linhas flexíveis, seus carretéis e sistema de desconexão automática, válvulas de alívio de pressão das unidades de bombeio de alta pressão.
- ET-R é o documento contendo requisitos gerais para avaliações técnicas fornecendo bases sólidas para elaboração de ET-RBS nos processos de licitação dentro da gerência executiva de POCOS. A ET-R permite ao fornecedor conhecer os critérios gerais de aceitação, teste e validação de um determinado sistema, equipamento, material e/ou serviço que poderão ser utilizados na fase de verificação de efetividade de proposta técnica em processos licitatórios;
- ET-RBS é o documento contendo requisitos técnicos e instruções específicas ao cenário de aplicação e condições de contorno vinculado a um determinado processo licitatório. Quando existir uma ET-R referente ao escopo sendo tratado, a ET-RBS deve referenciá-la e respeitar os termos da mesma. A ET-RBS é utilizada para comprovar os requisitos para aquisição de bens e serviços do processo licitatório na fase de verificação da efetividade.
- FMEA – *Failure mode and effect analysis* / Análise dos modos de falha e seus efeitos;
- FMECA – *Failure mode, effects and criticality analysis* / Análise de criticidade dos modos de falha e seus efeitos;
- IEC – *International Electrical Commission*;
- SGN – Sistema de Geração de Nitrogênio – reação química do nitrito de sódio (Solução N) com o cloreto de amônio (Solução C), com o bombeio separado das soluções ou o bombeio conjunto das soluções e a injeção do catalisador em separado.
- WSSV - *Well Stimulation Support Vessel*;

5 DESCRIÇÃO DOS REQUISITOS FUNCIONAIS E TÉCNICOS

5.1 REQUISITOS GERAIS

- 5.1.1 A companhia de serviços deve manter um sistema de gestão de qualidade dos equipamentos, com frequência de inspeção e manutenção conforme indicada pelos fabricantes dos equipamentos, tal sistema de gestão deve ser documentado e de fácil rastreabilidade.
- 5.1.2 Deverá ser comprovado que os serviços de estimulação, contenção de areia e tratamentos químicos estão em conformidade com os requisitos da norma API Spec Q2 - Especificação para Requisitos do Sistema de Gerenciamento da Qualidade para Empresas Prestadoras de Serviços para as Indústrias de Petróleo e Gás Natural.
- 5.1.3 A embarcação poderá ser do tipo Especialista ou Multipropósito. E a embarcação Multipropósito pode ser do tipo 1 ou do tipo 2. O tipo 2,



além das operações descritas no item 4, também contempla operações de SGN.

- 5.1.4 Os fluidos mais comumente utilizados nas operações de estimulação, contenção de areia e tratamentos químicos são: ácido clorídrico até 28% m/m, ácido acético até 20% m/m, EDTA até 25% m/m, DTPA até 30% m/m, salmoura com agente de sustentação até 2 lb/gal, gel de fraturamento, normalmente a base de goma guar, com agente de sustentação até 12 lb/gal. A listagem de fluidos e sistemas será detalhada na ET-RBS.

NOTA: Os fluidos são armazenados em maior concentração do que a bombeada para o poço, sendo a mistura realizada em sistema de linhas, com adição de água e aditivos.

- 5.1.5 A máxima pressão de operação é de 15,000 psi. Classes de pressão serão detalhadas na ET-RBS. Os equipamentos da planta devem ser dimensionados para operar com a condição mais crítica da operação a que se destinam.
- 5.1.6 A máxima vazão de operação é de 50 bpm efetivos para fraturamento hidráulico e fraturamento ácido. A pressão de trabalho para a máxima vazão estará naturalmente limitada a potência total das unidades de bombeio solicitada na ET-RBS.
- 5.1.7 A mínima vazão de operação depende fortemente das características permoporosas da formação, profundidade do poço e pressão estática. Tipicamente os menores valores de bombeio estão na faixa de 0.3 a 1 bpm. Essa vazão mínima ou é uma vazão transitória até ganho de injetividade ou é uma vazão de trabalho para operações com flexitubo.
- 5.1.8 O sistema de controle de bombeio deve permitir bombeios iniciais a baixa vazão e aumento da taxa, conforme a resposta da formação, preferencialmente sem parada de bombeio. Deve ser implantado sistema de bombeio em linha para todo o intervalo de vazões. Devem ser instalados flowmeters compatíveis com o *range* de vazão e as características do fluido a que se destinam, com acurácia de 2% e repetibilidade de 1%.
- 5.1.9 Os equipamentos necessários à prestação de serviços deverão ser mantidos em condições normais de funcionamento na embarcação, com toda instrumentação para operar com segurança e adequadamente, sem interrupção, com certificações vigentes e cronograma de manutenções e recertificações validados pela Petrobras. A embarcação deverá estar apta a realizar quaisquer das operações de estimulação, contenção de areia e tratamentos químicos descritos na ET-RBS para uma embarcação multipropósito, ou as respectivas operações solicitadas em uma embarcação especialista.
- 5.1.10 Todos os equipamentos devem ter sido construídos para um tempo de serviço mínimo de 20 anos. Equipamentos que não sejam novos, devem ter uma expectativa de tempo de serviço restante de no mínimo 10 anos. O tempo de 20 anos é referenciado para unidades de bombeio nas APIs 610 e 674 – item 6.1.1; e para tanques e seus revestimentos na API 652, item 10.1. O tempo de serviço mínimo de 20 anos, exclui

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Nº ET-3000.00-1210-612-PPQ-006	REV. C
	POCOS		Folha 7 de 25
	TÍTULO: Equipamentos e Serviços de uma Planta de Estimulação em embarcação		PÚBLICA POCOS/EP/IDE/COMP
<p>as partes de desgaste, que devem ser inspecionadas e substituídas com a frequência definida pelo fabricante do equipamento.</p> <p>5.1.11 A malha de linhas, válvulas, tanques e unidades de bombeio deve ter a metalurgia e o revestimento adequado para os fluidos a que se destinam. Não necessariamente todas as linhas devem ser revestidas para operar com os fluidos dos serviços de estimulação, tratamentos químicos e contenção de areia, mas a planta deve ser projetada para operar com os fluidos que potencialmente possam entrar em contato, considerando condições de contingências e uso de equipamentos ou trechos da malha operacional como <i>back-ups</i> conforme demanda operacional.</p> <p>5.1.12 Deve ser realizado monitoramento de corrosão e erosão dos equipamentos, com a taxa esperada informada pelo fabricante e seu tempo de vida de serviço previsto, informando sempre que houver desvio na taxa inicial apresentada e plano para substituição ou reparo do revestimento.</p> <p>5.1.13 Proteções antierosivas e anticorrosivas devem ser aplicadas aos equipamentos submetidos ao contato com fluidos agressivos.</p> <p>5.1.14 Considerar no projeto da planta de estimulação que será necessário o trânsito de pessoal em condições de mar adversas, e que, portanto, guarda-corpos, sinalizações e proteções deverão estar incluídos no projeto.</p> <p>5.1.15 Considerar no projeto da planta de estimulação que todos os equipamentos devem ser adequados ao ambiente offshore, com alta umidade relativa e as condições dinâmicas causadas pelas oscilações oceano meteorológicas. Deve também ser considerado seu posicionamento na planta de estimulação e possíveis interferências com equipamentos vizinhos.</p> <p>5.1.16 O conjunto de equipamentos da planta de estimulação e suas interfaces devem ter aprovação de uma Sociedade Classificadora. Importante que a sociedade classificadora da planta de estimulação seja a mesma da embarcação e seus sistemas, como geração, propulsão e sistema de posicionamento, já que a Sociedade Classificadora certificará a unidade marítima como um todo.</p> <p>5.1.17 Todos equipamentos elétricos devem ser construídos e testados em conformidade com os requisitos da Sociedade Classificadora e IEC.</p> <p>5.1.18 Os equipamentos elétricos instalados em áreas críticas devem estar certificados de acordo com as resoluções 179 e 27 do INMETRO, caso os equipamentos tenham sido adquiridos no Brasil. Para equipamentos adquiridos e instalados no exterior, deverão ser seguidos os critérios de conformidade das áreas classificadas com equipamentos elétricos e</p>			



eletrônicos e aprovação pela entidade de classe certificadora da embarcação.

- 5.1.19 Nos equipamentos, metais dissimilares devem ser isolados para evitar corrosão galvânica.
- 5.1.20 Ao menos os equipamentos críticos devem ser instalados com espaço livre para garantir o trânsito do pessoal em segurança e facilitar as inspeções e manutenções.
- 5.1.21 Pelo menos os equipamentos críticos, com exceção do carretel da linha flexível, devem ser abrigados. Deve ser feita inspeção periódica da pintura conforme ISO 2808, ISO 20340 e ISO 12944, considerando a corrosão da atmosfera *offshore*. Para a taxa da perda de massa e espessura, considerar a categoria CX *extreme* na *table 1* da ISO 12944-2, que estabelece critérios para perdas aceitáveis após o primeiro ano de exposição. A tabela define a faixa de perda de espessura para aço com baixo teor de carbono de 0.2 a 0.7 mm no primeiro ano. A companhia de serviços deve indicar a frequência de inspeção e valores admissíveis de perda de massa e espessura acordo com as normas do fabricante ou as ISOs citadas, o que for mais restritivo.
- 5.1.22 Todos os vasos de pressão devem estar de acordo com a ASME Sec. VIII Div.1 e a NR-13.
- 5.1.23 As inspeções de equipamentos devem ser informadas pelo menos com 4 semanas de antecedência para auditorias estrangeiras e 2 semanas para auditorias nacionais.
- 5.1.24 Devem ser listados os equipamentos críticos, com a frequência de inspeção proposta pelo fabricante e o número mínimo de partes sobressalentes, com seu tempo de serviço esperado, considerando a condição e frequência de uso do equipamento. Em particular para bombas centrífugas, o número de sobressalentes deve ser igual ou superior aos indicados pela API 610.
- 5.1.25 Devem ser apresentadas as recomendações para melhor conservação dos equipamentos críticos.
- 5.1.26 Deve ser apresentado o plano de inspeção dos equipamentos da planta, com os testes realizados e o controle de qualidade considerado, com destaque aos equipamentos críticos.
- 5.1.27 Deve ser avaliada o monitoramento automático dos equipamentos críticos e no mínimo ser apresentado seu controle de gestão e acompanhamento de taxas de erosão e corrosão.
- 5.1.28 Devem ser avaliados instrumentos ou ferramentas para nivelamento dos silos de agente de sustentação da superfície e o monitoramento do nível físico dos mesmos durante operações de contenção de areia. É importante que sejam mapeadas e aplicadas técnicas para redução de trabalho em espaços confinados.
- 5.1.29 As soldagens devem estar em acordo com o *Structural Welding Code* AWS D1.1 e ASME IX Sec 1 e com a Sociedade Classificadora. Soldagens intermitentes não são permitidas.

NOTA: Pode haver exceções em requisitos para Embarcação Especialista, já que nem todos os serviços de estimulação e contenção de areia serão solicitados.

5.2 REQUISITOS MÍNIMOS DE TANQUES

- 5.2.1 Todos os tanques da planta de estimulação devem estar de acordo com a norma API 652, quanto a sua fabricação, e com a norma API 653, quanto aos critérios de inspeção, espessura do revestimento e acompanhamento da integridade dos tanques. O revestimento dos tanques deve ser adequado aos fluidos a que se destinam. Devem ser identificados os revestimentos de todos os tanques da embarcação, com os fluidos compatíveis e o limite de concentração de cada um dos fluidos.
- 5.2.2 Devem ser informados os critérios de corrosão adotados e a taxa de corrosão esperada no revestimento do tanque.
- 5.2.3 Os tanques devem ser inspecionados periodicamente de acordo com a API 653 de modo a garantir a integridade dos tanques. O item 6.2.1 dessa norma indica os principais fatores de consideração para definir a frequência de inspeção. O intervalo entre as inspeções depende fortemente da condição de uso, mas não deve exceder 14 dias para a inspeção visual e um ano para uma inspeção do revestimento interno – que pode ser feita por avaliações de ultrassom, *holiday detector* ou partículas magnéticas. A taxa de corrosão encontrada nesses testes deve ser informada e confrontada com o valor inicial de projeto.
- 5.2.4 Tanques para armazenamento de ácidos inorgânicos e/ou orgânicos concentrados, com a volumetria de cada um dos ácidos a ser definida na ET-RBS. Entretanto, o volume de ácido clorídrico concentrado deve permitir no mínimo a fabricação de 4.000 bbl de HCl @ 15% m/m.
- 5.2.5 Deve haver tanques com revestimento adequado para os seguintes tipos e concentrações de ácidos:
- 5.2.5.1 Ácido clorídrico a 33% m/m;
- 5.2.5.2 Ácido acético glacial a 98% m/m;
- 5.2.5.3 Ácido fórmico a 85% m/m.
- 5.2.6 Pelo menos 12 tanques para aditivos líquidos, que devem armazenar os componentes dos sistemas ácidos viscoelásticos, poliméricos, gelificados e emulsionados, redutores de fricção, quando solicitado, e os sistemas de géis poliméricos para fraturamento ou *frac packs*. Cada tanque deve possuir controle individual de vazão com medidores de fluxo, agitadores e devem ser integrados ao sistema de mistura contínua. Todas as linhas do sistema deverão ter fácil acesso para inspeção e manutenção. A volumetria desses tanques deve ser compatível com a fabricação de ao menos 8.000 bbl de gel de fraturamento e 4.000 bbl de solução ácida a base de HCl @ 15% m/m.
- 5.2.6.1 Cada tanque deve permitir a amostragem dos aditivos para cumprimento de procedimentos de controle e garantia de qualidade dos produtos, conforme procedimento da companhia de serviços e em concordância com a operadora e os requisitos da API SPEC Q2.
- 5.2.7 Além dos tanques descritos no item 5.2.6 a serem utilizados nas operações, deverão existir tanques reservas para estocagem dos aditivos líquidos, evitando a utilização da área de estocagem com tambores, refis e bombonas. Esses tanques reservas não precisam

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Nº ET-3000.00-1210-612-PPQ-006	REV. C
	POCOS		Folha 10 de 25
	TÍTULO: Equipamentos e Serviços de uma Planta de Estimulação em embarcação	PÚBLICA POCOS/EP/IDE/COMP	
<p>estar diretamente ligados ao sistema de mistura contínua, mas precisarão alimentar os tanques ativos de aditivos líquidos. A transferência de aditivos entre os tanques de estocagem e os tanques de operação deve ser realizada através de linhas rígidas permanentemente instaladas para este fim.</p> <p>5.2.8 Tanques para armazenamento e transporte de solvente mútuo, solvente aromático e diesel exclusivo da planta de estimulação. Deverá ser previsto a operação de tratamentos químicos de desincrustação orgânica, utilizando mistura de solventes e diesel ou o bombeio de solvente mútuo simultaneamente aos sistemas ácidos.</p> <p>5.2.9 Tanques para armazenamento temporário e transporte de soluções de pré-gel, com controle independente de vazão por medidor de fluxo, integrado ao sistema de mistura contínua.</p> <p>5.2.10 Tanques para armazenamento e transporte de soluções para inibição ou remoção de incrustação com volume e vazões a serem definidos na ET-RBS, com controle independente de vazão por medidor de fluxo, integrado ao sistema de mistura contínua.</p> <p>Nota: Devem ser apresentados documentos comprovando a compatibilidade do revestimento de todos os tanques do item 5.2 ao menos com os fluidos a que se destinam. Além do revestimento dos tanques, o sistema de linhas e equipamentos acessórios devem ser compatíveis com os fluidos a que se destinam.</p> <p>5.2.11 Tanques para armazenamento e transporte de soluções salinas, com capacidade total mínima a ser definida na ET-RBS, que permita alimentação das unidades de bombeio através de bombas centrífugas independentes para as operações. Os tanques listados neste item devem possuir revestimento adequado para armazenar além das soluções salinas, soluções de desincrustante e inibição de incrustação.</p> <p>5.2.12 Tanques para armazenamento e transporte de água industrial, para uso exclusivo em operações de estimulação, com capacidade mínima efetiva total a ser definida na ET-RBS. Deve-se ter água suficiente para fabricação de ao menos 4000 bbl de HCl @ 15% m/m.</p> <p>5.2.13 02 (dois) tanques de mistura, com agitadores e recirculação independentes, para mistura de soluções para SGN, soluções salinas, pré-gel e/ou emulsões inversas com solventes orgânicos, sem nenhum volume morto e que permita alimentação das unidades de bombeio através de bombas centrífugas independentes. Esses tanques serão requisitados apenas na EMBARCAÇÃO MULTIPROPÓSITO do tipo 2.</p> <p>5.2.13.1 Estes tanques deverão possuir linha exclusiva para adição de água industrial e/ou água do mar, de tal forma que permita a adição de</p>			

aditivos sólidos e/ou líquidos simultaneamente à adição de água, através de um funil de mistura exclusivo para essa linha.

5.2.13.2 O sistema de recirculação de cada um destes tanques deverá ser independente do sistema de alimentação das unidades de bombeio.

5.2.13.3 O ponto de coleta de amostras destes tanques deve estar localizado em área aberta e ventilada ou deve ser implementada uma capela no ponto de coleta.

5.2.13.4 O funil de mistura deverá ser independente para cada um dos tanques.

5.2.14 Pelo menos 04 (quatro) tanques verticais de mistura (tipo *batch mixer*), com aletas laterais, volume de 50 bbl por tanque, sistema de recirculação, fundo cônico, agitadores, volume morto zero, para mistura de pequenos colchões de sistemas químicos e bombeios de ácidos de pequeno porte.

5.2.15 Os tanques verticais de mistura deverão ter revestimento adequado para misturar os fluidos e sistemas descritos na ET-R e ET-RBS.

5.2.15.1 Os tanques verticais de mistura devem possuir linhas de alimentação diretas e independentes dos seguintes pontos:

- a) Tanques para armazenamento de ácido;
- b) Tanques para armazenamento de aditivos líquidos;
- c) Tanques para armazenamento de óleo diesel;
- d) Tanques para armazenamento de solventes aromáticos;
- e) Tanques para armazenamento de solvente mútuo;
- f) Tanques para armazenamento de água industrial;
- g) Captação de água do mar;
- h) Tanques para armazenamento de soluções alcalinas;
- i) Tanques para armazenamento de soluções para inibição ou remoção de incrustação;
- j) Tanques para armazenamento de soluções salinas.

NOTA 1: Os tanques listados neste item 5.2 deverão ter revestimento adequado e certificado aos fluidos a que se destinam, de modo a evitar corrosão e permitir a amostragem para verificação da qualidade dos referidos fluidos.

NOTA 2: Os tanques listados em 5.2 devem possuir bocas de visita de fácil acesso, com escala visível para confirmação física dos volumes, com exceção dos tanques estruturais, nos quais a verificação poderá ser realizada por sondagem.

NOTA 3: Recomenda-se que a distribuição dos tanques listados neste item, na embarcação, seja realizada de forma balanceada, de forma a reduzir a possibilidade da ocorrência de elevada carga em apenas um bordo da embarcação durante bombeio de elevado volume de fluido.

NOTA 4: Pode haver redução no quantitativo ou volumetria de tanques em uma ET-RBS para Embarcação Especialista, se a campanha ou potencial cenário de aplicação da embarcação assim permitir. Mas tais exceções serão avaliadas e tratadas caso a caso pela Petrobras.

5.3 REQUISITOS MÍNIMOS DE UNIDADES DE BOMBEIO E BLENDER

- 5.3.1 As bombas centrífugas devem atender a API 610 ou alternativamente a ASME B73. Normas utilizadas diferentes dessas devem ser informadas, ressaltando-se as principais diferenças.
- 5.3.2 As unidades de bombeio devem ser construídas para um tempo de serviço mínimo de 20 anos, com design que evite ou reduza concentrações de tensões. Para as bombas centrífugas o número de partes sobressalentes para conjunto de bombas deve atender a tabela 20 da API 610.
- 5.3.3 Devem ser informados as características nominais de cada unidade de bombeio, com faixa de vazão, pressão e curva de *performance*.
- 5.3.4 As bombas centrífugas devem estar de acordo com a *table* H.1 da API 610, seguindo as recomendações de escolha de materiais da *table* G.1 dessa mesma norma. Deve ser informada a classe do material e garantida a conformidade para operar com os fluidos a que se destinam.
- 5.3.5 Todas as bombas alternativas devem estar de acordo com a *table* A.1 da API 674. Deve ser informada a classe do material.
- 5.3.6 As bombas centrífugas devem ser acionadas por motores elétricos, qualquer exceção deve ser justificada e deve favorecer segurança de pessoal e integridade de equipamentos.
- 5.3.7 A companhia de serviço deve listar os modelos das unidades de bombeio centrífugas e alternativas da planta de estimulação. Os modelos informados devem ter sido instalados em pelo menos três instalações *offshore*.
- 5.3.8 A metalurgia e revestimento das unidades de bombeio devem ser aptas para operar com todos os fluidos a que se destinam.
- 5.3.9 Os selos mecânicos das bombas centrífugas devem estar de acordo com a API 682.
- 5.3.10 Os testes das bombas centrífugas estão descritos no item 8.3 da API 610, os testes obrigatórios são o teste hidrostático e o teste de *performance*. Caso os testes hidrostático e de *performance* do fabricante da unidade de bombeio tenham duração ou condições distintas da API, deve ser informado à Petrobras para validação. Devem ser apresentadas as curvas de *performance* das unidades de bombeio. O teste hidrostático inicial da unidade de bombeio deve ser feito com 1,5 vezes a máxima pressão de trabalho por 30 min. Os testes hidrostáticos seguintes devem ser anuais, utilizando a pressão máxima de trabalho por 15 min.
- 5.3.11 Os testes das bombas alternativas estão descritos no item 8.3 da API 674, os testes obrigatórios são o teste hidrostático e o teste de *performance*. Caso os testes hidrostático e de *performance* do fabricante da unidade de bombeio tenham duração ou condições distintas da API, deve ser informado à Petrobras para validação. Devem ser apresentadas as curvas de *performance* das unidades de bombeio. O teste hidrostático inicial da unidade de bombeio deve ser feito com 1,5 vezes a máxima pressão de trabalho por 30 min. Os testes

hidrostáticos seguintes devem ser anuais, utilizando a pressão máxima de trabalho por 15 min.

- 5.3.12 Deve ser apresentado o teste de aceitação de fábrica (FAT) de cada um dos modelos de unidade de bombeio, com teste de 4 horas conforme a API 610 para bombas centrífugas e a API 674 para bomba de deslocamento positivo alternativa.
- 5.3.13 Os elementos do sistema de vedação devem ser projetados para suportar a máxima pressão desenvolvida no caso de uma falha de selo.
- 5.3.14 As unidades de bombeio devem ter sistemas para prevenir líquidos residuais ou bolsões de gás, prevenindo contra cavitação.
- 5.3.15 A base da unidade de bombeio deve ser instalada de modo a evitar bolsões ou cavidades que acumulem líquidos, por exemplo com um sistema de dreno.
- 5.3.16 Toda a instrumentação das unidades de bombeio deve ser adequada ao ambiente e condições de operação. Deve ser prevista uma interface de monitoramento, controle e automação, com a possibilidade de disponibilizar dados para análise estatística.
- 5.3.17 A caixa de transmissão da unidade de bombeio deve estar de acordo com os requisitos da API 677.
- 5.3.18 Deve haver *blender* com sistema de adição de agente de sustentação (parafuso ou similar) ajustável para operar com adição de agente de sustentação de 0.6 ppa para vazões de gravel pack a partir de 4 bpm e para adição de 12 ppa para operações de *frac pack* ou fraturamento para vazões até 50 bpm.
- 5.3.18.1 Deve haver *flowmeter* na sucção e descarga e densitômetro para monitoramento da adição de gravel.
- 5.3.18.2 A qualidade do gel reticulado deve ser monitorada da seguinte maneira:
- 5.3.18.3 Pela concentração de polímero no pré-gel, inferida pela viscosidade lida em viscosímetro em linha;
- 5.3.18.4 Pelo controle de pH;
- 5.3.18.5 Pela avaliação da relação entre o Módulo Elástico (G') e o Módulo Viscoso (G'') a partir de medida do reômetro em linha na descarga do blender.
- 5.3.19 Devem ser monitoradas as propriedades reológicas dos sistemas ácidos utilizados com a finalidade de promover a divergência química, por meio da instalação do reômetro em linha que seja compatível com os sistemas ácidos. O controle de qualidade será feito pela avaliação

da relação entre o Módulo Elástico (G') e o Módulo Viscoso (G'') a partir de medida em linha e monitoramento a partir da cabine de controle.

- 5.3.20 O sistema de selos das unidades de bombeio deve incluir sistema de detecção de vazamentos.
- 5.3.21 O acoplamento das unidades de bombeio e rolamentos devem seguir a API 671.
- 5.3.22 As unidades de bombeio devem ter sistemas para prevenir a entrada de sólidos, como filtros ou telas com o *mesh* adequado.
- 5.3.23 O sistema de refrigeração das bombas deve estar apto para operar nas condições mais críticas, com controle ativo de temperatura e alarme.
- 5.3.24 Deve ser promovido o rodízio na utilização das unidades de bombeio e regimes de trabalho que favoreçam durabilidade e desempenho.

5.4 REQUISITOS MÍNIMOS DE LINHAS

- 5.4.1 Todo o sistema de linhas deve ser projetado, fabricado e inspecionado de acordo com a ASME B31.3.
- 5.4.2 As linhas flexíveis de alta pressão – para classe de pressão de até 15.000 psi – devem estar de acordo com a API 17B.
- 5.4.3 A quantidade de linhas flexíveis móveis será definida na ET-RBS.
- 5.4.4 A embarcação deve possuir dois carretéis com linhas flexíveis de pelo menos 120 m para conexão do WSSV com a unidade marítima de intervenção. Pelo menos uma das linhas deve ter ID de 4", aptas para operar com os fluidos descritos na ET-R e ET-RBS, com as vazões máximas do item 5.1.6.
- 5.4.5 Devem ser informados os limites de pressão e vazão das linhas utilizadas, considerando os fluidos utilizados nas operações. Todo o sistema de malhas não precisa ter o mesmo revestimento, mas o revestimento deve ser compatível a atender os serviços de estimulação, tratamentos químicos e contenção de areia a que se destinam.
- 5.4.6 Para as linhas flexíveis, a *table 14* da API 17B indica alguns materiais de referência para o revestimento interno das linhas, considerando pressão, temperatura e os fluidos de operação, não necessariamente os revestimentos devam ser desses materiais, o essencial é que as linhas sejam dimensionadas para as condições de pressão, temperatura e fluidos da operação mais crítica a que se destina.
- 5.4.7 O teste hidrostático de aceitação de fábrica deve seguir a ASME B31.3, pressurizando as linhas com 1,5 vezes a pressão de trabalho por 10 minutos, em seguida, reduzindo para a pressão de trabalho e inspecionando todas as conexões para verificar vazamentos. Os testes hidrostáticos seguintes das linhas, tanto flexíveis quanto rígidas, devem ser anuais com a pressão nominal de trabalho pela duração de 10 min.
- 5.4.8 Os flanges devem estar de acordo com a ASME B 16.5.

5.5 REQUISITOS MÍNIMOS DO GUINDASTE

- 5.5.1 Deve ser instalado um guindaste com capacidade de erguer no mínimo 2 toneladas com sua lança alcançando toda a área de estocagem de produtos químicos e funis de mistura.
- 5.5.2 O guindaste deve estar de acordo com a API 2C.
- 5.5.3 Deve ser testada a calibração do guindaste, com incerteza tolerável de 2%.
- 5.5.4 No teste de fábrica e no teste de aceitação deve ser movimentada carga pelo menos 2 vezes a SWLH (*Safety Working Load plus Hook Block*).

5.6 REQUISITOS MÍNIMOS PARA VÁLVULAS DE ALÍVIO DE PRESSÃO

- 5.6.1 A válvula para alívio instantâneo de pressão deve seguir as recomendações da API 520-1 e API 521. O dispositivo deve ser de fluxo pleno, sendo instalado em todos os sistemas de bombeio de alta pressão, ajustável, com descarga "úmida" de fluido para um tanque específico para este fim, com a seguinte configuração:
 - 5.6.1.1 Sistema de alívio e descarga úmida habilitado para descarga de fluidos inflamáveis;
 - 5.6.1.2 Tanque da descarga úmida com indicador de nível ou alarme de nível alto;
 - 5.6.1.3 Linha de descarga úmida com medidor ou sensor de fluxo que deverá alarmar automaticamente quando houver fluxo na linha.
 - 5.6.1.4 Sistema tipo *overpressure* ajustável de desligamento automático para cada bomba de alta pressão e um *overpressure* geral para todo o sistema;
 - 5.6.1.5 Diferentemente da API 520-1, a faixa de tolerância para acionamento da pop off é de 5%. Ou seja, a válvula de alívio deve atuar com um erro máximo de 5% em relação ao valor estabelecido, garantindo a proteção

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Nº ET-3000.00-1210-612-PPQ-006	REV. C
	POCOS		Folha 16 de 25
	TÍTULO: Equipamentos e Serviços de uma Planta de Estimulação em embarcação		PÚBLICA POCOS/EP/IDE/COMP
<p>dos equipamentos, como um <i>back up</i> do sistema de desligamento automático das unidades de bombeio.</p> <p>5.6.2 Devem ser instalados dispositivos de alívio de pressão, conforme as API 520-1 e 521, em cada linha flexível instalada nos carretéis.</p> <p>5.6.3 Deve ser disponibilizada ao menos uma válvula <i>pop-off</i> móvel, ajustável em <i>steps</i> de 500 psi, numa faixa de 500 a 5000 psi para instalação na linha de acesso ao anular do poço.</p> <p>5.6.3.1 Não serão aceitas válvulas tipo <i>pop-off</i> com sistema de molas.</p> <p>5.6.3.2 A taxa de alívio de pressão deverá ser suficiente para efetuar a drenagem de pressão rapidamente, na ordem de segundos. Não serão aceitas válvulas <i>pop-off</i> com orifício restrito e despressurização lenta.</p> <p>NOTA - Todos os dispositivos de alívio instantâneo de pressão (fluxo pleno) tipo “POP-OFF”, sistemas de <i>overpressure</i>, linhas de descarga presentes do item 5.6 desta ET-R deverão possuir sistema de alarme visual e sonoro, na cabine de estimulação, que deverão alarmar automaticamente sempre que estes sistemas sejam acionados, identificando o dispositivo que foi acionado.</p> <p>5.7 REQUISITOS MÍNIMOS DA CABEÇA DE ESTIMULAÇÃO</p> <p>5.7.1 A cabeça de estimulação ou fraturamento deve estar de acordo com a ET-R: “et-300000-1210-612-ppq-011.pdf”, que se encontra disponível em: https://canalforneador.petrobras.com.br/pt/regras-de-contratacao/catalogo-de-padronizacao/#especificacoes-tecnicas</p> <p>5.8 REQUISITOS MÍNIMOS DE PRODUTOS QUÍMICOS</p> <p>5.8.1 Deverão ser fornecidos, na apresentação de proposta técnica de uma licitação, a metodologia dos testes de avaliação do desempenho dos sistemas e produtos químicos necessários para os serviços de estimulação e contenção de areia.</p> <p>5.8.1.1 Deverão ser detalhados os procedimentos de preparo (sequência de mistura, tempo de agitação, temperatura, equipamentos de laboratório utilizados, etc) e a natureza dos testes para verificação das propriedades pertinentes a cada tipo de produto e/ou sistema.</p> <p>5.8.1.2. Para os sistemas divergentes que apresentam aumento de viscosidade com o consumo do ácido, deverá ser fornecido o procedimento para avaliar o ganho de viscosidade em laboratório (sequência de mistura, tempo de agitação, temperatura, equipamentos de laboratório utilizados, etc). Informar o pico de viscosidade do produto esperado e uma margem de erro em função do consumo e temperatura. (Ex: Viscosidade de 100cP (+/-20%) na taxa de 170s⁻¹ para um consumo de 50% de ácido na temperatura de 60°C).</p> <p>5.8.1.3. Apresentar o procedimento de queda da viscosidade após a reação com o carbonato para os sistemas divergentes. (Ex: submeter o</p>			

fluido a temperatura de 60°C, sob agitação, durante 30min). Conforme o item 14 da tabela 1.

- 5.8.2 Deverá ser fornecido relatório com informações sobre os principais parâmetros físico-químicos para a caracterização do desempenho dos produtos, bem como os fatores que os afetam e os intervalos de variação aceitáveis para o bom desempenho dos mesmos, para permitir ao contratante conhecer o desempenho e estabelecer critérios de verificação e controle de qualidade. São exemplos de testes e parâmetros físico-químicos de caracterização, não se restringindo a estes, os itens relacionados na Tabela 1. A companhia de serviço deve informar a metodologia de teste, conforme 5.8.1.1, e como é feita a avaliação de desempenho do produto.

TABELA 1: Testes para controle de qualidade (Os produtos, que não fizerem parte do escopo de operações de uma Embarcação Especialista, não serão solicitados e testados pela Petrobras, quando o escopo da ET-RBS tratar de tal embarcação.)

ITEM	DESCRIÇÃO DO TESTE	OBSERVAÇÃO
1	Descrição do aspecto Visual	Para verificação de presença de sólidos, de grumos, de coloração anormal, de outros sólidos que não os do próprio produto e/ou de aglomeração indesejada de sólidos (por exemplo: empedramento).
2	pH da Fase Aquosa ou pH da Solução Preparada	ASTM E70
3	Densidade Relativa (Gravidade Específica)	ASTM D891 (para líquidos)
4	Concentração do(s) Componente(s) (% m/m)	
5	Concentração do Ácido na Solução ou na Fase Aquosa (% m/m)	
6	Teor de Umidade (% m/m)	
7	Teor de Pureza (% m/m)	
8	Teor de Ferro (% m/m)	
9	Tempo de Quebra (minutos)	Para verificação do gel com a concentração polimérica própria da faixa de temperatura a que se destina
10	Razão Fase Oleosa / Fase Aquosa	Para verificação de sistemas emulsionados.
11	Teste de Gota	Para verificação qualitativa dos fluidos emulsionados.
12	Viscosidade (cP / °C)	Para os sistemas de fluidos viscosos deverão ser

		fornecidas as curvas de fluxo e de viscosidade.
13	Viscosidade após <u>Reticulação</u> – Após reação com carbonato de cálcio (n' e $k / ^\circ\text{C}$). Também pode ser usado $\text{Ca}(\text{OH})_2$.	Para os sistemas que apresentam comportamento viscoelástico, deverão ser descritos os comportamentos viscoso (G'') e elástico (G') em função da frequência, bem como a curva de viscosidade complexa em função da frequência, para ambas as condições do sistema, com ácido vivo e com ácido gasto. (itens 13 e 14)
14	Viscosidade após a quebra do gel ou micelas (n' e $k / ^\circ\text{C}$)	Idem acima
15	Curva Característica do Produto ou da Mistura (por Espectrometria)	Para comparação com a primeira amostra fornecida pela empresa fornecedora do produto.
16	Ecotoxicidade	
17	Esfericidade	
18	Distribuição granulométrica propantes e divergentes sólidos. (mesh)	
19	Resistência Compressiva	
20	Teor de Finos (% m/m)	
21	Curva de solubilidade do divergentes sólido em função da temperatura	
22	Teor de ácido	A densidade pode ser utilizada como referência, mas é indispensável que seja medido por titulação.
23	Teste para estabilidade de emulsão	Apresentação da metodologia usada. Sugere-se o teste por estabilidade elétrica

5.8.2.1 Para os sistemas ácidos de estimulação de carbonatos deverão ser fornecidas as curvas de PVBT vs Velocidade intersticial (Velocidade de Darcy/porosidade) ou o par V_{opt} vs $PVBT_{opt}$ para temperatura ambiente e para temperatura típica de campo, a partir de ensaio em amostra de afloramento. Todos os valores informados deverão vir com a especificação do tipo de afloramento, faixa de permeabilidade, formulação e viscosidade do fluido nas quais esses dados foram gerados. (ex: Afloramento Indiana Limestone, Permeabilidade ao ar: 5-10mD, viscosidade a $170 \text{ s}^{-1}=20\text{cP}$ $T(^{\circ}\text{C})=45$)

5.8.2.2 A fim de que o contratante possa reproduzir ou atestar os resultados dos ensaios realizados pela companhia de serviço, poderão ser



solicitadas, antes do início do contrato, amostras dos referidos sistemas para a execução de testes de verificação de desempenho em laboratório próprio ou de instituições parceiras

5.8.3 Disponibilizar em livretos e em formato digital, escritos em português, as fichas de segurança e de emergência dos produtos químicos de estimulação, tratamentos químicos e contenção de areia.

5.8.4 A companhia de serviços deverá dispor ao menos dos seguintes tipos de sistemas de divergência para operações de estimulação:

5.8.4.1 Serviços com uso de Sistema Ácido Inorgânico Viscoelástico com Concentração de Ácido maior ou igual a 15% m/m e Viscosificação *in situ* para Acidificação de Formações Carbonáticas até 300 °F;

5.8.4.2 Serviços com uso de Sistema Ácido Inorgânico Viscosificado para Acidificação de formações Carbonáticas até 300 °F – concentração de ácido até 28%;

5.8.4.3 Serviços com uso de Sistema Emulsionado para Acidificação de formações Carbonáticas até 300 °F – concentração de ácido até 28%;

5.8.4.4 Serviços com uso de Sistema Ácido Inorgânico polimérico com Concentração de Ácido menor ou igual a 5% m/m e Viscosificação *in situ* para Acidificação de formações Carbonáticas até 300 °F;

5.8.4.5 Serviços com uso de Sistema de Mud Acid Retardado de Baixa Viscosidade até 300 °F;

5.8.4.6 Divergentes sólidos para aplicação em altos contraste de permeabilidade.

NOTA: Deverá ser informada à Petrobras a relação dos diferentes aditivos e suas respectivas concentrações, as quais são de responsabilidade da companhia de serviços, considerando-se a aplicação da melhor técnica.

5.8.5 A companhia de serviços deverá dispor de sistemas de gel de frac estáveis até 350 °F, com viscosidade e tempo de quebra adequado para operações de fraturamento hidráulico ou frac pack.

5.8.6 A companhia de serviços deverá fornecer à Petrobras, quando solicitado, amostras de produtos químicos e sistemas de fluidos, para que sejam verificadas e testadas em seus laboratórios e/ou em laboratórios de instituições parceiras da Petrobras as características e a eficiência desses materiais para os fins específicos a que se destinam, confrontando com os valores de referência informados em 5.8.1 e 5.8.2

5.8.7 Deverá fornecer à Petrobras amostras, os certificados ou laudos de análise emitidos pelo fornecedor ou fabricante e assinado por técnico credenciado por cada lote dos sistemas divergentes químicos ou sempre que solicitado durante o período de vigência do contrato, para quaisquer dos produtos ou sistemas.

5.8.8 As entregas do produto devem ser acompanhadas de certificado de análise, emitido pelo fornecedor ou fabricante, assinado por técnico credenciado junto ao Conselho Regional de Química (CRQ), conforme legislação vigente. É permitida a assinatura eletrônica do certificado,

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Nº ET-3000.00-1210-612-PPQ-006	REV. C
	POCOS		Folha 20 de 25
	TÍTULO: Equipamentos e Serviços de uma Planta de Estimulação em embarcação		PÚBLICA POCOS/EP/IDE/COMP

desde que identificado o técnico executante e seu respectivo registro no conselho de classe.

- 5.8.9 Caso a eficácia de produto ou sistema em campo não corresponda ao desempenho inicialmente informado, a PETROBRAS se reserva ao direito de descontinuar o uso do produto ou de aplicar penalidades cabíveis por prejuízo do desempenho.
- 5.8.10 Os produtos, misturas e sistemas poderão ser testados usando espectrometria de infravermelho médio e/ou espectrometria RAMAN 532 nm, com o objetivo de se obter um *fingerprint* para comparação com uma amostra padrão a ser fornecida antes do início efetivo do contrato. A diferença observada não poderá ser maior que 5% da amostra padrão. Amostras dos produtos, misturas e/ou sistemas serão coletadas durante as operações - à critério da Petrobras - e enviadas para análises em seus próprios laboratórios ou laboratórios terceirizados.
- 5.8.11 Caso o fornecedor ou laboratório da companhia de serviços qualifique ou homologue um produto químico ou sistema com melhor desempenho que os solicitados – comprovado através de testes de laboratório e/ou campo, através das características físico-químicas vinculadas ao desempenho – o mesmo será testado em laboratório Petrobras ou de instituição parceira para validação e inclusão ou substituição de sistema cadastrado, seguindo-se diretrizes contratuais.

6 REQUISITOS TÉCNICOS COMPLEMENTARES E TESTE DE ACEITAÇÃO

- 6.1. A empresa ou fornecedor deverá comprovar por meio de relatórios técnicos, simulações, certificados e/ou documentações técnicas que atende aos itens dos requisitos funcionais, técnicos e complementares.
- 6.2. A companhia de serviços deve apresentar Tabela de análise de Modos e Efeitos de Falha (FMEA) e/ou análises de riscos das tarefas do serviço, com as possíveis contingências mapeadas e planos de ação.
- 6.3. Além da verificação da conformidade dos equipamentos e utilidades da planta de estimulação, esta será avaliada por testes quanto à operacionalidade, sistemas de bombeio, sistemas de medição, sistemas para adição de aditivos e de agente de sustentação.
- 6.4. Todos os modelos de equipamentos devem ter histórico de instalação em unidades marítimas. Devem ser enviados os testes de aceitação de fábrica dos modelos das unidades de bombeio, *blenders*, malha de linhas, válvulas de alívio das unidades de alta pressão, linhas flexíveis para conexão com a Unidade Marítima, com o indicativo da precisão, repetibilidade e condições de teste. Devem ser enviadas as condições de calibração das unidades de bombeio e *flowmeters*.
- 6.5. Deverão ser disponibilizados a Petrobras com antecedência de 15 (quinze) dias corridos antes do início previsto para realização dos testes:
- 6.5.1. O *layout* definitivo dos equipamentos instalados na planta de estimulação e seu sistema de circulação.

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Nº ET-3000.00-1210-612-PPQ-006	REV. C
	POCOS		Folha 21 de 25
	TÍTULO: Equipamentos e Serviços de uma Planta de Estimulação em embarcação		PÚBLICA POCOS/EP/IDE/COMP
<p>6.5.2. As certificações atualizadas dos equipamentos e linhas, informando a sua validade e frequência de inspeção.</p> <p>6.5.3. Proposição quanto ao escopo, procedimento e cronograma dos testes de aceitação da planta de estimulação para aprovação da Petrobras.</p> <p>6.6. O escopo mínimo dos testes de aceitação dos equipamentos da planta de estimulação é descrito no item 6.11.</p> <p>6.7. Os testes de aceitação serão efetuados com supervisão Petrobras após a Embarcação ter sido liberada pelas autoridades governamentais brasileiras, para início das operações. O local dos testes será preferencialmente a Baía de Guanabara, mas pode ser alterado à critério da Petrobras.</p> <p>6.8. Deverão ser disponibilizados para os testes de aceitação, materiais em quantidade e qualidade suficiente para viabilizar a sua realização e repetição, caso seja necessário, tais como:</p> <p>6.8.1. Água Industrial para bombeio e preparo de gel;</p> <p>6.8.2. Podem ser solicitados produtos químicos para preparo do gel de fraturamento com 35 lb/mgal de polímero, incluindo quebrador;</p> <p>6.8.3. Areia para realização de todos os testes de bombeio de agente de sustentação. Deverá ser disponibilizada pelo menos 60.000 libras de areia;</p> <p>6.8.4. Vasilhames graduados para coleta de amostras para avaliar qualidade do gel e concentração de agente de sustentação bombeado;</p> <p>6.8.5. Vasilhames aferidos com escala para indicação de nível e visualização do volume bombeado, que serão utilizados nos testes de avaliação de eficiência volumétrica dos medidores de vazão (<i>flowmeters</i>);</p> <p>NOTA: Para <i>flowmeters</i> em linhas com 3" ou mais, serão usados tanques da planta, como por exemplo o VMT, para calibração.</p> <p>6.8.6. Válvula que permita criar restrição nas linhas das mangueiras de aço flexíveis para realização dos testes da <i>pop off</i>, avaliação da potência das unidades de bombeio e do seu sistema de desligamento automático;</p> <p>6.8.7. Elementos de filtro de 2 micrômetros para realização do teste de vazão da unidade de filtração;</p> <p>6.9. Além dos materiais, as companhias de serviços, para os testes de aceitação deverão tomar as seguintes providências:</p> <p>6.9.1. Prever, para bombeios a alta vazão, mecanismo para manter as extremidades das mangueiras de aço flexíveis adequadamente travadas, evitando movimentação, especialmente de sua extremidade.</p> <p>6.9.2. Prever montagem de circuito fechado com cada um dos <i>flowmeters</i> móveis.</p> <p>6.9.3. Providenciar facilidades operacionais que permitam o tensionamento e reconexão imediata das mangueiras de aço flexíveis após conclusão dos testes de desconexão parcial, onde couber, e completa desconexão das referidas mangueiras de aço.</p> <p>6.10. Testes preliminares deverão ser executados pelas companhias de serviços, sem o acompanhamento da PETROBRAS, com a finalidade de garantir que os equipamentos e sistemas estejam aptos a serem submetidos ao teste de aceitação da planta de estimulação, a ser supervisionado por equipe PETROBRAS.</p>			

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Nº ET-3000.00-1210-612-PPQ-006	REV. C
	POCOS		Folha 22 de 25
	TÍTULO: Equipamentos e Serviços de uma Planta de Estimulação em embarcação		PÚBLICA POCOS/EP/IDE/COMP
<p>6.10.1. As companhias de serviços deverão apresentar o relatório dos testes realizados e procedimentos utilizados no máximo 3 (três) dias úteis antes do início previsto para realização dos testes supervisionados, cujo escopo mínimo é apresentado no item 6.11 desta ET.</p> <p>6.11. O teste de aceitação dos equipamentos da Planta de Estimulação e do Sistema de Circulação deverá verificar a existência, disponibilidade e adequação de todos os equipamentos descritos na ET-RBS da Planta de Estimulação, cujo escopo mínimo é definido a seguir:</p> <p>6.11.1. Verificação da existência de todos os equipamentos listados na ET-RBS;</p> <p>6.11.2. Verificação das certificações atualizadas de todos os equipamentos e linhas;</p> <p>6.11.3. Verificação do comprimento de linhas, conexões, reduções e suas respectivas especificações;</p> <p>6.11.4. Verificação da capacidade de cada um dos tanques da planta de estimulação e existência de medidor de nível, recirculador e agitador, nos tanques especificados com esta característica;</p> <p>6.11.5. Verificação da existência de medidores de nível, escala para leitura de volume e bocas de visita nos tanques especificados;</p> <p>6.11.6. Verificação de linhas para alimentação direta dos tanques com ácido, diesel e outros, onde especificadas;</p> <p>6.11.7. Verificação das linhas que compõem as malhas de circulação e bombeio, observando a capacidade de isolamento total, onde especificado;</p> <p>6.11.8. Verificação quanto à existência de escala interna calibrada nos silos;</p> <p>6.11.9. Verificação se silo de alimentação do blender tem sistema independente de adição e controle de propantes;</p> <p>6.11.10. Verificação da cabine de estimulação quanto aos equipamentos requeridos, área livre para circulação e sala anexa para reunião, conforme previsto contratualmente;</p> <p>6.11.11. Verificação da disposição de área contínua para estocagem de produtos químicos, conforme especificado;</p> <p>6.11.12. Verificação dos dispositivos de alívio instantâneo de pressão (tipo <i>pop off</i>) quanto ao fluxo pleno, ajustável e existência de descarga “úmida” para tanque específico.</p> <p>6.11.13. Verificação, no tanque de descarga “úmida”, quanto a existência de indicador de nível ou alarme de nível alto e sensor de fluxo em sua linha;</p> <p>6.11.14. Verificação quanto a existência de linha exclusiva de água industrial e/ou água do mar para os tanques de mistura;</p> <p>6.11.15. Verificação quanto à existência de pontos de amostragem nos tanques verticais de mistura;</p> <p>6.11.16. Verificação quanto à existência de controle de vazão independente nos tanques de solvente mútuo, solvente aromático e soluções salinas.</p> <p>6.11.17. Testar cada um dos <i>flowmeters</i> fixos da planta de estimulação, na sua vazão de operação máxima e mínima utilizando vasilhames graduados para coleta de amostras e/ou os tanques previamente aferidos, o erro admissível do <i>flowmeter</i> deve ser de 2%;</p>			

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Nº ET-3000.00-1210-612-PPQ-006	REV. C
	POCOS		Folha 23 de 25
	TÍTULO: Equipamentos e Serviços de uma Planta de Estimulação em embarcação		PÚBLICA POCOS/EP/IDE/COMP
<p>6.11.18. Testar cada um dos <i>flowmeters</i> móveis, com erro admissível de 2%, na sua vazão de operação máxima e mínima utilizando os vasilhames graduados para coleta de amostras e/ou tanques previamente aferidos;</p> <p>6.11.19. Testar funcionamento do sistema de recirculação e agitação independentes dos tanques de mistura;</p> <p>6.11.20. Testar, individualmente, a eficiência volumétrica de cada uma das bombas dosadoras dos tanques de aditivos líquidos.</p> <p>6.11.21. Testar eficiência volumétrica da unidade de bombeio do tanque de solvente mútuo, considerando que será necessário atender até 10% da faixa de vazões definida na ET-RBS para operações de mistura de solventes;</p> <p>6.11.22. Testar eficiência volumétrica da unidade de bombeio do tanque de solvente aromático, considerando que será necessário atender a faixa de vazões definida na ET-RBS;</p> <p>6.11.23. Testar os itens 6.11.21 e 6.11.22 simultaneamente;</p> <p>6.11.24. Testar capacidade de bombeio de soluções salinas, nas vazões de 7 (sete) bpm e 50 (cinquenta) bpm;</p> <p>6.11.25. Testar capacidade de bombeio de soluções inibidoras de incrustação, nas vazões definidas na ET-RBS;</p> <p>6.11.26. Aferir vazão das bombas centrífugas para recalque de fluidos de fraturamento, fluidos de completação e óleo diesel;</p> <p>6.11.27. Medir vazão das bombas centrífugas para recalque de água do mar em vazão de até 50 bpm;</p> <p>6.11.28. Testar o sistema de desligamento automático das bombas de deslocamento positivo (<i>frac pumps</i>);</p> <p>6.11.29. Testar indicador de nível do tanque de descarga úmida e seu alarme de nível alto;</p> <p>6.11.30. Avaliar individualmente dispositivo de alívio instantâneo das linhas de alta pressão (<i>pop off valve</i>), registrando o valor estabelecido e o valor de acionamento, a diferença máxima admissível é de 5%, o tempo de resposta deve ser registrado;</p> <p>6.11.31. Avaliar capacidade do dispositivo de alívio instantâneo móvel, ajustável, de atuar nas pressões de 500 (quinhentos) psi, 1500 (mil e quinhentos) psi, 2500 (dois mil e quinhentos) psi e 4000 (quatro mil) psi;</p> <p>6.11.32. Avaliar conjuntamente o sistema de desligamento automático e válvula de alívio de pressão, devendo o sistema evitar que o pico de pressão exceda o valor estabelecido de pressão máxima de trabalho;</p> <p>NOTA 1: Esse teste pode ser realizado em várias vazões, simulando operações de fraturamento ou acidificação. Caso por questões de segurança o teste a alta vazão deva ser realizado em fábrica ou ambiente controlado e isolado, deve ser enviado relatório do teste e gráfico do comportamento, com tempo de resposta tal que o pico de pressão não exceda o valor estabelecido.</p> <p>NOTA 2: O tempo de referência é da ordem de 0,1 segundo, sendo o mais importante que o conjunto de desligamento automático das unidades de bombeio mais a <i>pop off</i> proteja a integridade dos equipamentos, conforme a NOTA 1.</p> <p>6.11.33. Testar, individualmente, a potência hidráulica de cada uma das unidades de bombeio de deslocamento positivo de alta potência;</p>			

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Nº ET-3000.00-1210-612-PPQ-006	REV. C
	POCOS		Folha 24 de 25
	TÍTULO: Equipamentos e Serviços de uma Planta de Estimulação em embarcação		PÚBLICA POCOS/EP/IDE/COMP

6.11.34. Testar individualmente a potência hidráulica das unidades de bombeio de baixa potência;

6.11.35. Simular a realização de acidificação de matriz em mistura contínua, utilizando água, nas vazões de 0.3, 1, 3, 10 e 20 (vinte) bpm, incluindo os aditivos líquidos bombeados a partir de todos os tanques relacionados. Os dados de bombeio deverão, simultaneamente, ser monitorados remotamente pelo painel portátil. Serão monitorados até 5 (cinco) diferentes parâmetros, em tempo real, a ser em escolhido por ocasião da simulação.

6.11.36. Simular a realização de acidificação de matriz com 2 (dois) tipos de ácido em mistura contínua, utilizando água, nas vazões de 0.3 a 20 (vinte) bpm, incluindo os aditivos líquidos, bombeados a partir de todos os tanques relacionados na ET-RBS. Os dados de bombeio deverão, simultaneamente, ser monitorados remotamente pelo painel portátil. Serão monitorados até 5 (cinco) diferentes parâmetros, em tempo real, a serem escolhidos por ocasião da simulação.

6.11.37. Avaliar a capacidade dos alimentadores do *blender* de operarem com vazão de alimentação de 200 (duzentos) lb/min e 15000 (quinze mil) lb/min, utilizando areia.

6.11.38. Realizar ou simular bombeio de *gravel pack* nas vazões de 4 (quatro) e 15 (quinze) bpm com concentração de 1 (um) ppa de areia. Utilizar água como fluido carreador. Coletar amostra da pasta nas vazões de bombeio. Comparar concentração de agente de sustentação bombeada com a concentração de agente de sustentação desejada.

6.11.39. Simular bombeio de fraturamento ácido nas vazões de 7 (sete) e 50 (cinquenta) bpm, devendo ser simulado o bombeio de todos os aditivos da formulação, conforme ET-RBS. Será utilizada apenas água neste teste.

6.11.40. Realizar ou simular bombeio de gel convencional na vazão de 7 (sete) e 50 (cinquenta) bpm, verificando sua reticulação. Medir tempo de quebra do gel reticulado. Este teste poderá ser realizado simultaneamente à realização do bombeio do fraturamento hidráulico.

6.11.41. Realizar ou simular bombeio de fraturamento hidráulico com gel reticulado com quebrador e adição de agente de sustentação (areia), nas concentrações de 1 (um) ppa até 12 (doze) ppa, nas vazões de 7 (sete) bpm a 50 (cinquenta) bpm. Devendo ser verificado simultaneamente:

- A capacidade de monitoramento “*on line*” do pré gel;
- Dados de bombeio remotamente com painel portátil. Serão monitorados até 5 diferentes parâmetros, em tempo real, a serem definidos pelos executantes, por ocasião do bombeio;
- O Monitoramento de pressão, simulando leitura do anular do poço, conforme ET-RBS;

NOTA: O bombeio ou simulação do fraturamento hidráulico deverá ser realizado com a embarcação em posicionamento dinâmico (DP), utilizando a carga máxima do sistema de geração de energia, com objetivo de avaliar seu comportamento durante operação em condições oceanográficas adversas.

6.11.42. Verificar capacidade de transmissão remota, *on line*, dos dados da operação, conforme ET-RBS;

6.11.43. Testar unidade de filtração, com filtros, verificando a vazão obtida;

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Nº ET-3000.00-1210-612-PPQ-006	REV. C
	POCOS		Folha 25 de 25
	TÍTULO: Equipamentos e Serviços de uma Planta de Estimulação em embarcação	PÚBLICA POCOS/EP/IDE/COMP	

- 6.11.44. Realizar testes de desconexão parcial e sistema de desconexão rápida por acionamento hidráulico remoto e *back up* de acionamento, para cada uma das mangueiras de aço flexíveis;
- 6.11.45. Verificar a existência de volume morto nos tanques de mistura e tanques de aditivos líquidos após bombeio;
- 6.11.46. Testar sistema de gravação de imagem e vídeo;
- 6.11.47. Testar guindaste ou guincho, inclusive o alcance de sua lança.
- 6.12. Independente dos testes definidos no cronograma elaborado pela companhia de serviços e aprovado pela PETROBRAS, esta, a seu exclusivo critério, poderá solicitar a inclusão de testes adicionais e/ou solicitar modificações no procedimento proposto.

7 DOCUMENTAÇÃO

- 7.1 Sistema de gestão da qualidade em conformidade com a API Spec Q2 para a prestação dos serviços de estimulação, contenção de areia e tratamentos químicos com WSSV;
- 7.2 Relatórios técnicos, certificados e documentações técnicas que atende aos itens dos requisitos funcionais, técnicos e complementares;
- 7.3 Critério de controle de qualidade dos equipamentos, plano de inspeção e manutenção dos equipamentos, com destaque para práticas de preservação dos equipamentos críticos.
- 7.4 A companhia de serviços deve apresentar histórico operacional com barco de estimulação, independentemente de ser uma planta provisoriamente instalada em PSV ou uma embarcação WSSV. Devem ser apresentados ao menos três trabalhos realizados para cada uma destas operações: desincrustação orgânica, desincrustação inorgânica, acidificação, fraturamento ácido, fraturamento hidráulico e gravel pack. Devem ser apresentadas os tipos de simulações, análises e relatórios disponíveis dessas operações. Essas operações podem ter sido realizadas em qualquer ambiente *offshore* do globo nos últimos dez anos.