

Sistema de lavagem e drenagem do compressor

Manual didático de operação - Sistema SDB

ESCOPO: Material de CAPACITAÇÃO para operadores de campo, sala de controle, supervisores e manutenção autorizada.

Documento	Revisão	Data	Status
MD-SDB-001	00	06/09/2026	Material didático para validação interna

USO CONTROLADO: Este material não substitui a instrução Siemens, a IT O&M CEA OPE-009, o P&ID vigente, a análise de risco, a permissão de trabalho ou a autorização da sala de controle.

1. Como utilizar este material

O manual foi organizado para que o participante primeiro compreenda o sistema, depois acompanhe a sequência operacional e, por fim, pratique decisões em cenários simulados. Os valores operacionais apresentados foram extraídos dos documentos Siemens listados na seção de referências e devem ser confirmados contra a revisão vigente antes da atividade.

Objetivos de aprendizagem

- Explicar por que a lavagem recupera desempenho, eficiência e estabilidade do compressor.
- Identificar a unidade móvel, filtros, bicos, drenos, pontos de amostragem e sinais de bloqueio.
- Reconhecer pré-condições, riscos e critérios de interrupção.
- Executar mentalmente a sequência de baixa rotação, aceleração, enxágue, purga e secagem.
- Responder corretamente a pressões anormais, falha do barring, drenagem indisponível e efluente contaminado.

REGRA DE OURO: Nunca liberar a partida da TG com qualquer dreno de lavagem aberto. A verificação física, o bloqueio e o registro de assinatura são obrigatórios.

2. Finalidade e limites do sistema

A contaminação do compressor reduz a vazão de ar, a relação de compressão e a eficiência da turbina. A lavagem offline remove depósitos aderidos aos estágios do compressor com a TG desligada, resfriada e em giro lento. O sistema SDB fornece detergente e fluido de enxágue, controla a pressão, coleta o efluente e permite a purga final com ar de instrumentos.

Dentro do escopo SDB	Interface com outros sistemas
Unidade móvel SDB10AT005	Motor de partida e FG Barring
Filtros de 500 e 150 micrometros	Sistema de óleo lubrificante
Sete bicos SDB30BN005 a BN035	Ar de instrumentos
Drenos SDB50/SDB60 e amostragem	HMI/OS, FG Washing e FG Purging
Sensor de temperatura do dreno	Admissão de ar, IGVs e bleed valves

The gas turbine is equipped with seven nozzles for compressor washing. The washing nozzles are installed on the conical part of the air inlet casing close to the compressor inlet.

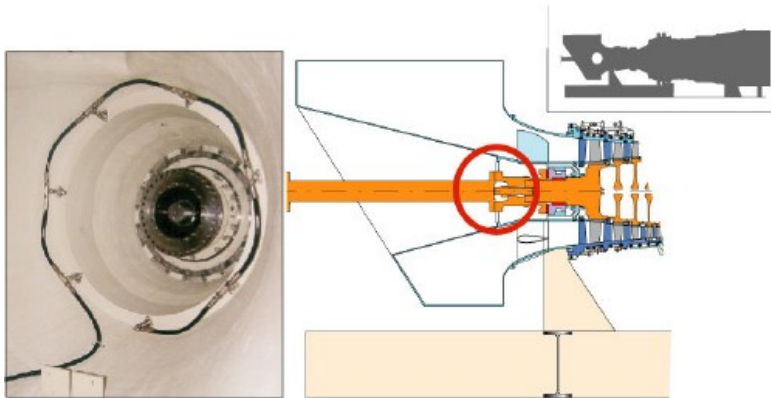


Figura 1. Localizacao dos sete bicos na carcaça cônica de entrada. Fonte: Siemens Energy, E1B101560849, Rev. A.

3. Visao funcional

Etapa	Caminho e função
Preparação	Unidade móvel recebe 80 L de solução ou água aprovada.
Pressurizacao	Bomba de pistao envia fluido; regulador e manometro mantem 50 a 60 bar(g).
Filtragem	Filtro de sucção 500 micrometros protege a bomba; filtro SDB30AT010 de 150 micrometros protege os bicos.
Injeção	Sete bicos fixos distribuem o fluido na entrada do compressor.
Drenagem	Drenos dos estágios conduzem efluente ao tanque externo de pelo menos 1.200 L.
Purga	Ar de instrumentos remove fluido de mangueira, tubulação e bicos por pelo menos 30 s.

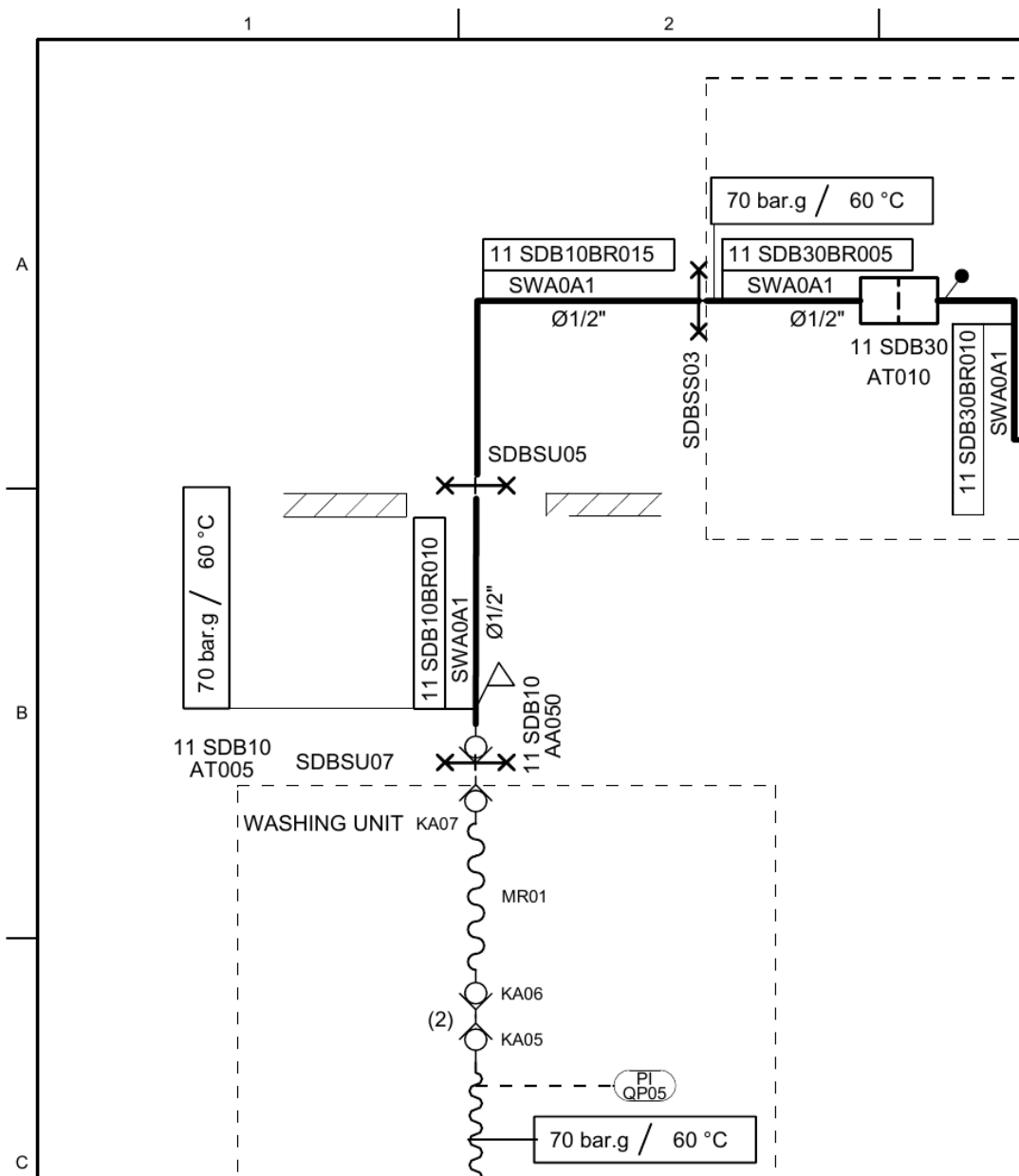


Figura 2. Recorte operacional do P&ID: unidade móvel, conexões e filtro de alta pressão. Fonte: E1B101286522, Rev. D.

LEITURA DO P&ID: A linha de lavagem sai da unidade SDB10AT005, passa pelo filtro SDB30AT010 e chega aos sete bicos. Na purga, a mangueira é transferida para a conexão de ar de instrumentos somente com a bomba parada e o circuito despressurizado.

4. Componentes e identificação KKS

Tag / componente	Função	Ponto de atenção
SDB10AT005	Unidade móvel com tanque, motor e bomba	Manter em piso plano, rodas travadas e aterrada
SDB10AT005KT01	Filtro de sucção 500 micrometros	Sujeira pode reduzir vazão e elevar esforço da bomba
SDB10AT005KP01	Bomba de pistao	Não operar com vazamento ou tanque vazio
SDB10AT005KA03	Regulação de pressão	Ajuste conforme fabricante; retorno ao lado de sucção
SDB10AT005QP05	Indicação de pressão	Faixa operacional de lavagem: 50 a 60 bar(g)
SDB30AT010	Filtro de alta pressão 150 micrometros	Protege os bicos contra obstrução
SDB30BN005 a BN035	Sete bicos fixos	Pulverização uniforme; não acessar o plenum durante o giro
SDB50AA236 KA01 a KA07	Drenos de carcacas	Abertos na lavagem; fechados e bloqueados na operação
SDB50AA236 KA08 a KA10	Pontos de amostragem	Abrir apenas para coleta; fechar e recolocar tampoes
SDB50AA240 / SDB60AA205	Drenagem de efluente	Abertos na lavagem; start block se fora da posição
SDB60AA210	Dreno de preservação	Fechado na lavagem e na operação normal
SDB50CT005	Temperatura no sistema de dreno	Alarme H1 em 100 °C

5. Parâmetros essenciais

Parametro	Valor / critério	Ação do operador
Resfriamento forçado	5 h com Compr Wash Cooling	Confirmar termino antes da lavagem

Parametro	Valor / critério	Ação do operador
Resfriamento apenas em barrig	Mínimo 10 h após shutdown	Não antecipar
Volume por injeção	80 L	Parar a bomba antes do tanque vazio
Pressão	50 a 60 bar(g)	Interromper se fora da faixa e investigar
Repouso	Aproximadamente 15 min	Evitar secagem do detergente
Aceleração	Aproximadamente 200 s	Partir bomba simultaneamente ao comando
Enxágues finais	Mínimo 4 após a última lavagem	Confirmar efluente claro e sem espuma
Purga do circuito	Mínimo 30 s	Usar ar de instrumentos
Secagem	Partida imediata e 15 min em idle	Se indisponível, FG Purge por pelo menos 15 min
Tanque de efluente	Mínimo 1.200 L	Conferir capacidade e estanqueidade

6. Segurança e barreiras

Perigo	Consequência	Barreira crítica
Fluido a alta pressão	Injeção de fluido, trauma e corte	Inspecionar mangueiras; manter distancia; depressurizar antes de soltar conexões
Movimento inesperado do rotor	Aprisionamento ou fatalidade	Proibir acesso ao plenum; para intervenção interna, bloquear motor de partida e comprovar energia zero
Energia elétrica	Choque, arco ou incêndio	Aterramento, cabos integros e unidade desenergizada durante instalacao/manutencao
Detergente e efluente	Irritacao e contaminação	FDS/SDS, luvas químicas, óculos, protetor facial e contenção
Drenos abertos na partida	Escape de gases quentes	Fechamento físico, cadeados, sinais de posição e formulário de assinatura
Piso molhado	Queda e contaminação	Tanque estanque, absorvente, isolamento e limpeza imediata

PONTO CRÍTICO: O start block é uma camada de proteção, não uma autorização para confiar apenas na indicação de tela. A conferência em campo permanece obrigatória.

7. Permissivos e condições impeditivas

- TG desligada e período de resfriamento cumprido.
- Rotor em giro lento / velocidade de lavagem; FG Barring disponível.
- FG Lube Oil disponível e sem alarme impeditivo.
- Ar de instrumentos disponível para a purga final.
- Drenagem alinhada, tanque externo conectado e sem vazamentos.
- Unidade móvel energizada, aterrada, testada e monitorada.
- FG Washing ligado para permitir Compr Wash Acceleration.

Sinal / condicao	Efeito esperado
SDB50AA236 ZV01	GT START BLOCK: manifold de lavagem não fechado
SDB50AA240 ZV01	GT START BLOCK: dreno de lavagem não fechado
SDB60AA205 ZV01	GT START BLOCK: dreno externo não fechado
SDB60AA210 ZV01	GT START BLOCK: dreno de preservação não fechado
SDB50CT005 ZV01	Alarme de alta temperatura no dreno: 100 °C

NÃO INICIAR: Lavagem proibida com barring indisponível, ar de instrumentos indisponível, drenagem indisponível, ausência de energia da unidade ou temperatura ambiente abaixo de -10 °C.

8. Fluido de lavagem e qualidade

O detergente deve ser aprovado para lavagem offline e preparado segundo a recomendação do fornecedor. Adicionar primeiro a água e depois o produto reduz a formação de espuma. A FDS/SDS deve estar disponível e a concentração deve ser registrada.

Propriedade do agente	Limite Siemens MAT900001
Metais alcalinos totais (Na + K)	25 ppm max.
Fósforo	50 ppm max.
Magnésio + cálcio	5 ppm max.
Vanádio / chumbo / níquel / zinco	1 ppm max. para cada
Outros metais	1 ppm max.
Enxofre	50 ppm max.
Halogênios totais	40 ppm max.
Cinzas	100 ppm max.
pH	6,5 a 8,0
Ponto de fulgor	> 60 °C
Biodegradabilidade	Totalmente biodegradável

TEMPERATURA AMBIENTE: Entre +5 °C e -10 °C, substituir a água pelo anticongelante especificado. Abaixo de -10 °C, a lavagem não é permitida.

9. Preparação operacional

1. Obter autorização da sala de controle, liberar AR/PT, isolar a área e confirmar EPIs/EPCs.
2. Parar a TG, comandar Compr Wash Cooling e cumprir o tempo de resfriamento aplicável.
3. Confirmar barragem, óleo lubrificante e ausência de alarmes impeditivos.
4. Posicionar tanque de efluente com capacidade mínima de 1.200 L e verificar mangueiras de drenagem.
5. Inspeccionar a unidade SDB10AT005: nível de óleo, tanque, filtros, cabos, mangueiras, conexões e rodas.
6. Com a unidade desenergizada, conectar mangueira de alta pressão, aterramento e, por último, alimentação elétrica.
7. Preparar 80 L de solução: água aprovada primeiro; detergente depois; registrar produto e dosagem.

8. Testar a comunicação campo-sala e definir quem comanda FG Washing e Compr Wash Acceleration.

10. Alinhamento da drenagem

Componente	Posição na lavagem	Observacao
SDB50AA236 KA01 a KA07	ABERTAS	Drenos internos
SDB50AA240	ABERTA	Dreno no compartimento da TG
SDB60AA205	ABERTA	Dreno externo para o tanque
KA08, KA09, KA10	FECHADAS / TAMPADAS	Abrir somente durante a amostragem
SDB50AA245	FECHADA	Conferir novamente na finalizacao
SDB60AA210	FECHADA	Dreno de preservação

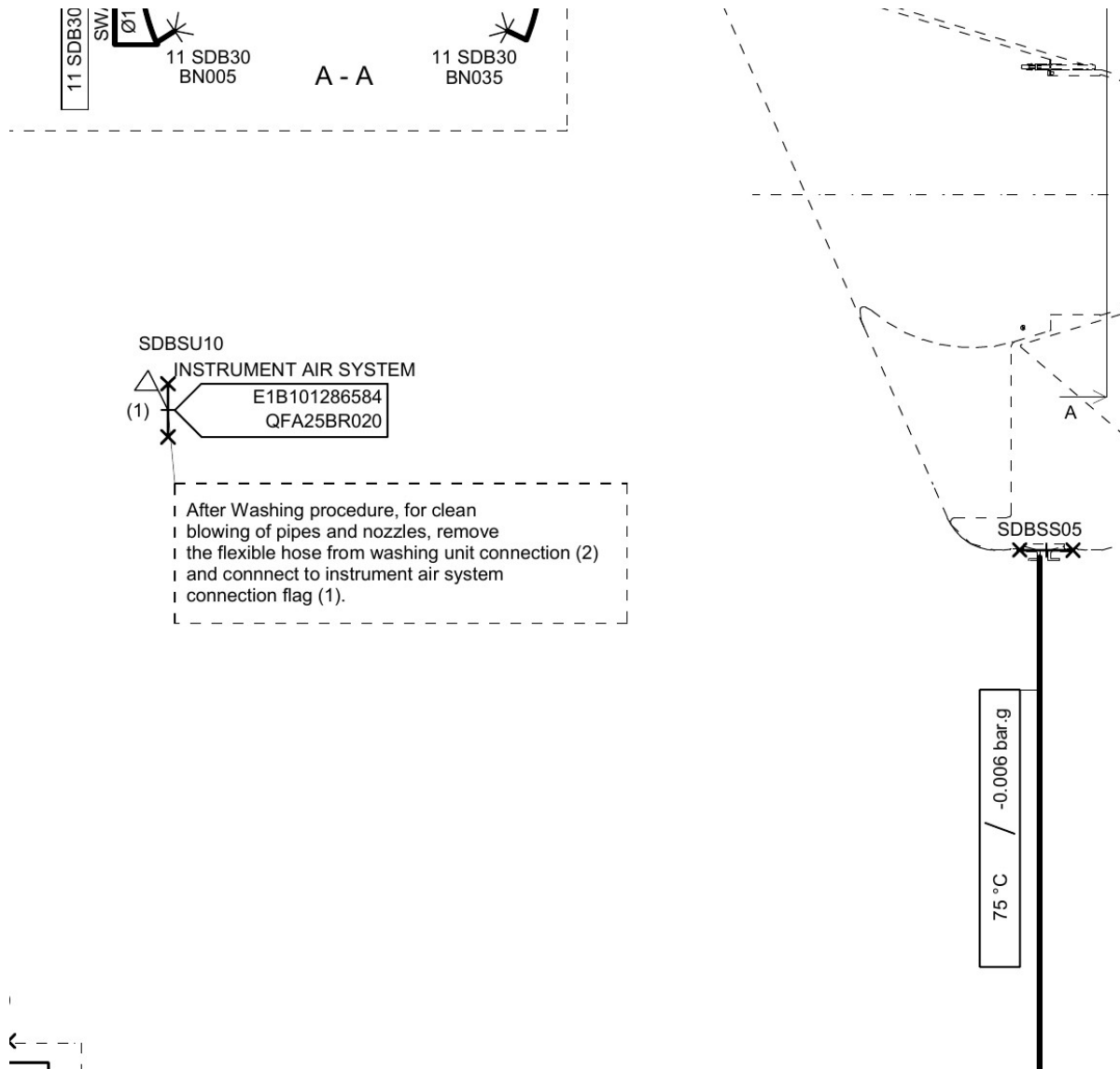


Figura 3. Conexão de ar de instrumentos para purga das linhas e dos bicos. Fonte: E1B101286522, Rev. D.

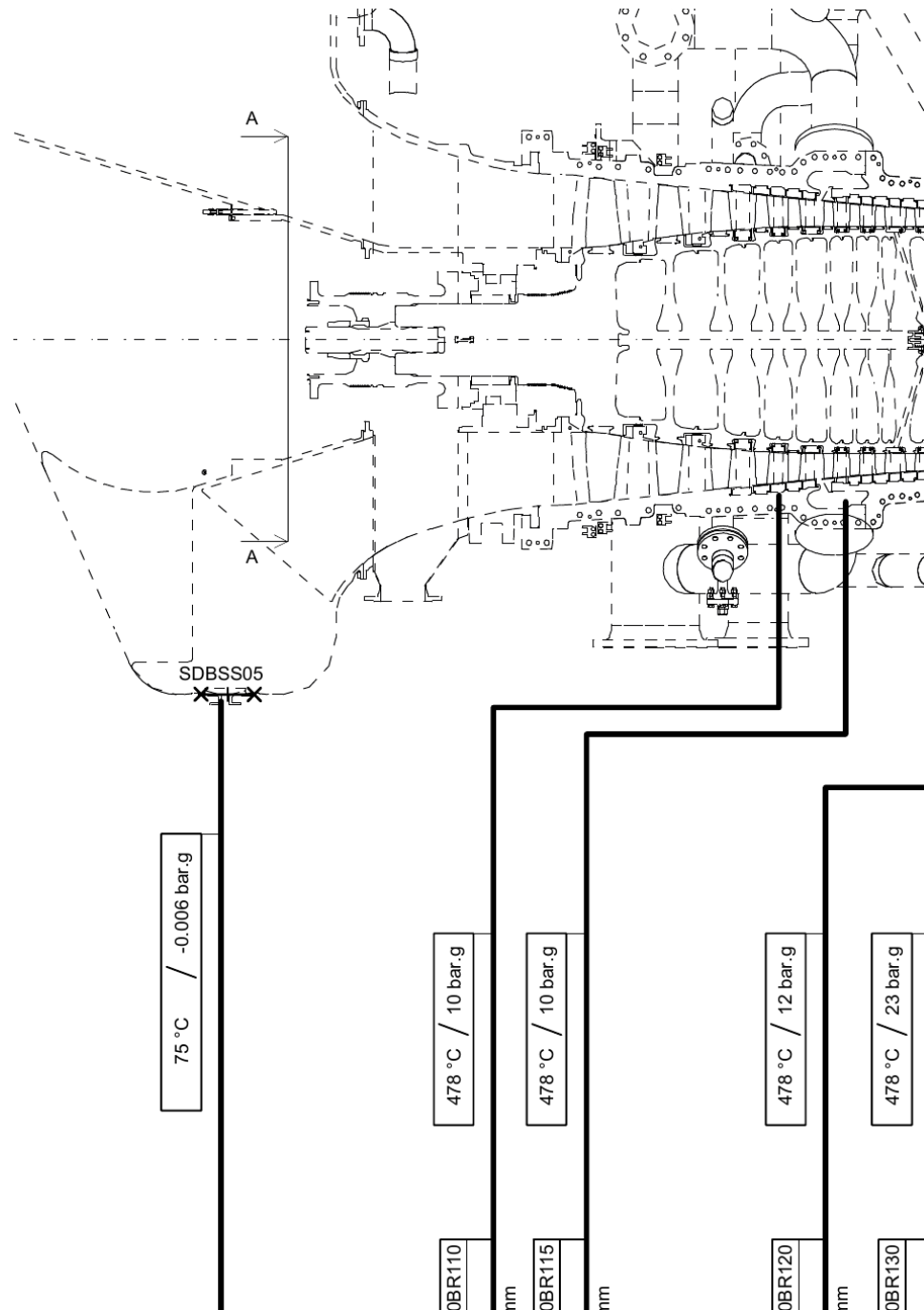


Figura 4. Pontos de drenagem do compressor e encaminhamento das linhas. Fonte: E1B101286522, Rev. D.

11. Sequência de lavagem em baixa rotação

9. Sala de controle: ligar FG Washing. Confirmar bleed valves MBH10AA005/AA010 e cooling/sealing air MBH10AA015/AA020 fechadas; IGVs MBA10AE005 abertas.

10. Campo: iniciar a bomba e estabilizar entre 50 e 60 bar(g). Verificar vazamentos e, quando permitido, o padrão de pulverização pelos visores.
11. Parar a bomba após 80 L, antes de operar o tanque vazio.
12. Aguardar aproximadamente 15 minutos para ação do detergente e drenagem.
13. Injetar 80 L de água de enxágue em baixa rotação.
14. Coletar amostras em KA08 e KA09, referentes aos estágios 4 e 5; fechar e recolocar os tampões.
15. Se o efluente estiver muito contaminado ou espumoso, repetir lavagem e enxágue conforme decisão do responsável técnico.

12. Sequência com aceleração

16. Confirmar FG Washing ligado, rotor em baixa velocidade, tanque com 80 L e comunicação estabelecida.
17. Comandar Compr Wash Acceleration e iniciar a bomba simultaneamente. A aceleração termina automaticamente em cerca de 200 s.
18. Parar a bomba após 80 L e aguardar aproximadamente 15 minutos para drenagem.
19. Repetir a aceleração com 80 L de água de enxágue.
20. Realizar pelo menos quatro enxágues após a última injeção de detergente.
21. Coletar amostra em KA10, correspondente ao estágio 10. O efluente final deve estar claro e sem espuma.

SINCRONISMO OPERACIONAL: O comando de aceleração e a partida da bomba devem ocorrer simultaneamente. Campo e sala de controle devem usar contagem regressiva e confirmação verbal.

13. Finalização e liberação da TG

22. Parar a bomba e confirmar o circuito sem pressão.
23. Transferir a mangueira para a conexão de ar e purgar por pelo menos 30 s.
24. Desligar FG Washing.
25. Fechar e bloquear KA01 a KA07, SDB50AA240 e SDB60AA205; confirmar SDB50AA245 e SDB60AA210 fechadas.
26. Confirmar KA08, KA09 e KA10 fechadas e tampadas.
27. Fechar a gaiola, retirar materiais e preencher o registro E1B101561341.
28. Retornar FG Purging, FG Barring e FG Lube Oil para AUTOMATIC quando aplicável.
29. Partir a TG imediatamente e manter idle por pelo menos 15 min. Se a partida estiver indisponível, ligar FG Purge por pelo menos 15 min.
30. Destinar o efluente e registrar volumes, produto, pressão, enxágues, amostras e anormalidades.

LIBERACAO OBRIGATORIA: Todos os drenos fechados e bloqueados; amostragens tampadas; formulário assinado; área limpa; nenhuma mangueira ou ferramenta solta.

14. Divisão de responsabilidades

Fase	Operador de campo	Operador de sala
Liberacao	Inspecionar área, unidade, insumos e drenagem	Confirmar shutdown, cooling, barring, óleo e permissivos
Alinhamento	Posicionar valvulas e tanque	Autorizar inicio e ligar FG Washing
Injecoes	Operar bomba, controlar pressão e coletar amostras	Comandar aceleração e monitorar a TG
Finalizacao	Purgar, fechar, bloquear, tampar e assinar	Desligar FG Washing, retornar FGs e verificar prontidão
Registro	Registrar dados de campo e anormalidades	Registrar no livro/relatorio de turno

15. Diagnóstico e troubleshooting

Sintoma	Causas prováveis	Resposta segura
Pressão acima de 60 bar(g)	Filtro de alta pressão ou bicos obstruidos; valvula/restricao	Parar bomba, despressurizar, inspecionar filtros e bicos; não prosseguir
Pressão abaixo de 50 bar(g)	Vazamento, falta de fluido, bomba/regulador	Parar, conter vazamento e corrigir antes de reiniciar
Sem vazão nos bicos	Filtro de sucção entupido, bomba falhou, conexão incorreta	Interromper; testar unidade e confirmar alinhamento
Barring parou	FG expirou, falha no motor de partida ou permissivo	Parar injeção; manter lubrificacao; chamar sala/manutencao
Efluente ainda escuro	Contaminação elevada	Repetir ciclos conforme responsavel técnico; manter enxágue entre lavagens

Sintoma	Causas prováveis	Resposta segura
Espuma persistente	Dosagem elevada ou enxágue insuficiente	Aumentar enxágues; revisar dosagem e FDS/SDS
Alarme de dreno a 100 °C em operação	Possível vazamento de gases para o sistema de dreno	Operador deve tripar manualmente a TG e investigar a causa
Start block após lavagem	Dreno fora da posição, fim de curso ou sinal	Não contornar; verificar fisicamente valvula, cadeado e sinal
Falha de chama após lavagem	Umidade/condensação em detectores ou problema de ignição	Executar Diagnóstico Siemens de ignição e inspeção dos detectores por manutenção autorizada

16. Cenários de treinamento

Cenário 1: pressão sobe para 66 bar(g)

A bomba deve ser parada e o circuito despressurizado. A equipe verifica filtro de 150 micrometros, bicos e restrições antes de nova injeção.

Cenário 2: barring para no repouso

Suspender a sequência. Garantir óleo lubrificante, comunicar a sala e restabelecer FG Barring somente conforme procedimento e permissivos.

Cenário 3: KA10 produz efluente com espuma

Não encerrar. Realizar enxágues adicionais até que o efluente esteja claro e sem espuma; registrar o resultado.

Cenário 4: SDB60AA205 indica aberta após fechamento

Manter a TG indisponível. Conferir posição física, cadeado, fim de curso e sinal. Não forçar o start block.

Cenário 5: partida não esta disponivel

Usar FG Purge por pelo menos 15 min para secagem e registrar a impossibilidade de partida imediata.

17. Checklist resumido

Momento	Confirmacao
Antes	AR/PT; resfriamento; barring; óleo; área isolada; unidade inspecionada; tanque externo; 80 L preparados; comunicação testada
Alinhamento	KA01-KA07, SDB50AA240 e SDB60AA205 abertas; amostras tampadas; SDB50AA245 e SDB60AA210 fechadas
Lavagem	FG Washing; 50-60 bar(g); 80 L; 15 min; amostras; mínimo quatro enxágues finais
Final	Purga 30 s; todos os drenos fechados/bloqueados; FGs em auto; formulário assinado; secagem 15 min

DOCUMENTO DE EXECUÇÃO: Durante a atividade real, utilizar o checklist completo da IT O&M CEA OPE-009 e o Signature Record E1B101561341.

18. Avaliação de conhecimento

31. Qual e a faixa de pressão permitida durante a injeção?
32. Por que a lavagem não pode ocorrer com o rotor parado?
33. Quais válvulas de amostragem correspondem aos estágios 4, 5 e 10?
34. Quantos enxágues são exigidos após a última injeção de detergente?
35. Qual e o requisito mínimo de purga do circuito?
36. O que deve ser feito se a pressão subir acima da faixa?
37. Quais sinais geram GT START BLOCK por dreno não fechado?
38. Qual e a alternativa de secagem quando a partida imediata não é possível?

Gabarito

39. 50 a 60 bar(g).
40. Porque o fluido não seria distribuído corretamente e poderia se acumular, elevando o risco de dano e partida difícil.
41. KA08: estágio 4; KA09: estágio 5; KA10: estágio 10.
42. No mínimo quatro enxágues.
43. Ar de instrumentos por pelo menos 30 segundos.
44. Parar a bomba, despressurizar e investigar filtros, bicos e restrições.

45. SDB50AA236, SDB50AA240, SDB60AA205 e SDB60AA210.

46. Ligar FG Purge por pelo menos 15 minutos.

19. Referências controladas

Documento	Rev.	Título	Data
E1B101560849	A	Compressor washing instruction	30/01/2025
E1B101286598	C	System Description - Compressor washing system, SDB	04/12/2023
E1B101286522	D	P&ID - Compressor washing system SDB	Conforme carimbo
E1B101561341	A	SDB Compressor washing and drainage system - Signature records	Conforme documento
E1B101303936	B	Setting list - Compressor washing system SDB	12/12/2023
E1B101298697	B	Aggregate component list - Compressor washing system SDB	Conforme documento
E1B101194258	B	User manual - Turbine Cleaner, Karcher	Conforme documento
E1B101226513	A	Supplier drawing - Siemens High pressure cleaner, Karcher	Conforme documento
MAT900001	D	Cleaning agents and water quality for off-line cleaning	02/06/2021
IT O&M CEA OPE-009	00	Lavagem offline do compressor da TG	05/09/2026

CONTROLE DE REVISÃO: Antes de usar este material em treinamento formal ou operação, confirmar se todas as referências permanecem vigentes e se os tags correspondem a TG selecionada.